

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP2006/305317

International filing date: 13 March 2006 (13.03.2006)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2005-085056
Filing date: 23 March 2005 (23.03.2005)

Date of receipt at the International Bureau: 13 April 2006 (13.04.2006)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2005年 3月23日

出 願 番 号
Application Number: 特願2005-085056

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 2005-085056

出 願 人
Applicant(s): 株式会社半導体エネルギー研究所

2006年 3月29日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

中 嶋



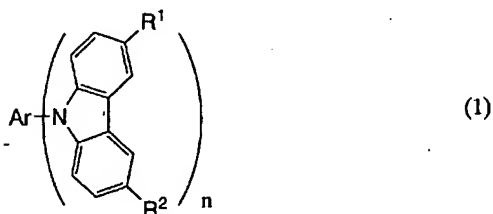
【書類名】 特許願
【整理番号】 P008597
【提出日】 平成17年 3月23日
【あて先】 特許庁長官 殿
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
 【氏名】 岩城 裕司
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
 【氏名】 瀬尾 哲史
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
 【氏名】 熊木 大介
【特許出願人】
 【識別番号】 000153878
 【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所
 【代表者】 山崎 舜平
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 002543
 【納付金額】 16,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

一般式（１）で表される有機化合物及び無機化合物を含むことを特徴とする複合材料。

【化 1】

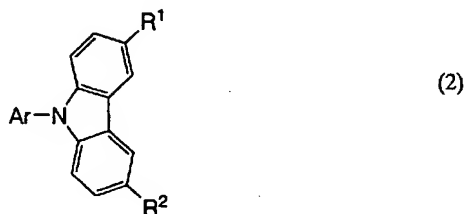


（但し、式中 Ar は炭素数 6 ～ 42 の芳香族炭化水素基を表し、n は 1 ～ 3 の自然数を表し、R 1、R 2 は水素、または炭素数 1 ～ 4 のアルキル基、または炭素数 6 ～ 12 のアリール基を表す。）

【請求項 2】

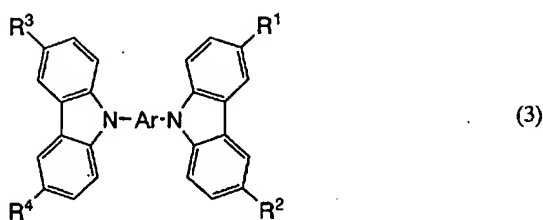
一般式（２）乃至（４）で表される有機化合物のいずれか 1 つ及び無機化合物を含むことを特徴とする複合材料。

【化 2】



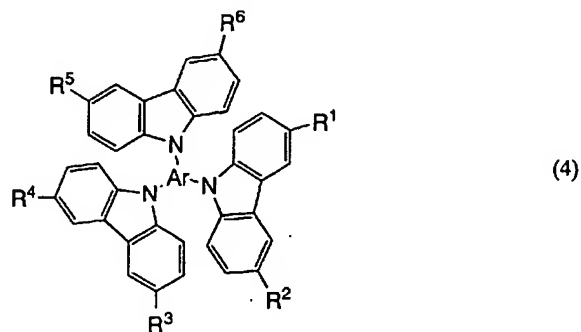
（但し、式中 Ar は炭素数 6 ～ 42 の 1 価の芳香族炭化水素基を表し、R 1、R 2 は水素、または炭素数 1 ～ 4 のアルキル基、または炭素数 6 ～ 12 のアリール基を表す。）

【化 3】



（但し、式中 Ar は炭素数 6 ～ 42 の 2 価の芳香族炭化水素基を表し、R 1 ～ R 4 は水素、または炭素数 1 ～ 4 のアルキル基、または炭素数 6 ～ 12 のアリール基を表す。）

【化 4】



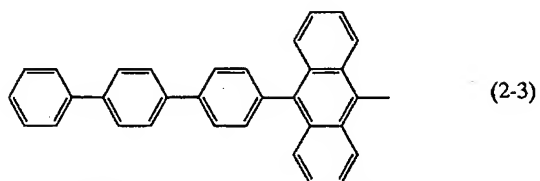
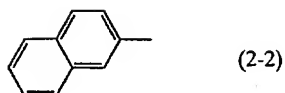
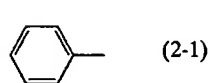
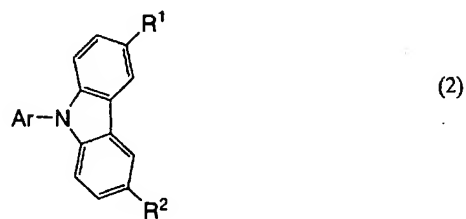
（但し、式中 Ar は炭素数 6 ～ 42 の 3 価の芳香族炭化水素基を表し、R 1 ～ R 6 は水素

、または炭素数 1 ～ 4 のアルキル基、または炭素数 6 ～ 12 のアリール基を表す。)

【請求項 3】

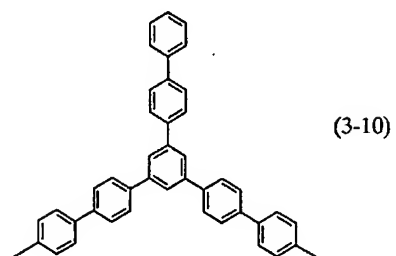
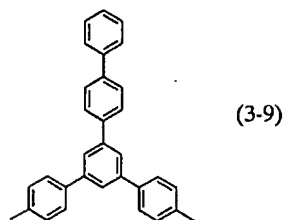
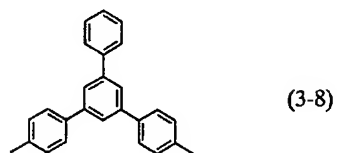
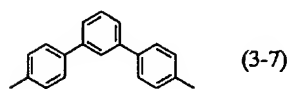
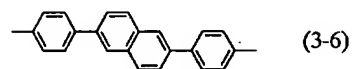
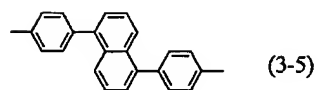
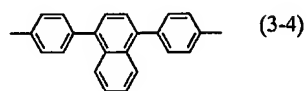
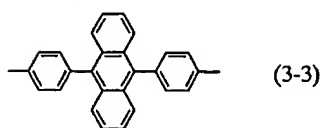
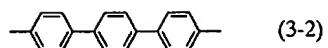
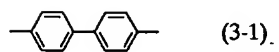
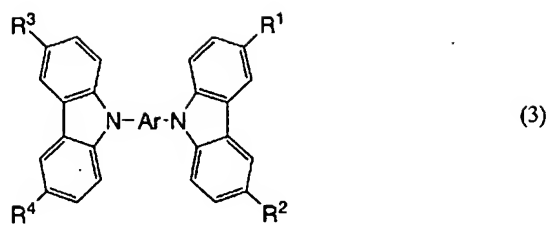
一般式 (2) 乃至 (4) で表される有機化合物のいずれか 1 つ及び無機化合物を含むことを特徴とする複合材料。

【化 5】



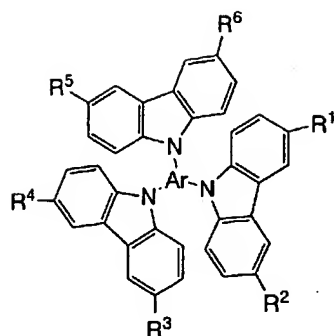
(但し、式中 Ar は炭素数 6 ～ 42 の 1 価の芳香族炭化水素基を表し、R1、R2 は水素、または炭素数 1 ～ 4 のアルキル基、または炭素数 6 ～ 12 のアリール基を表す。)

【化 6】

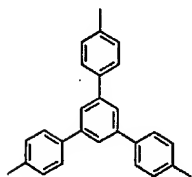


(但し、式中Arは構造式(3-1)～(3-10)に示した芳香族炭化水素基のいずれかを表し、R1～R4は水素、または炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～12のアリール基を表す。)

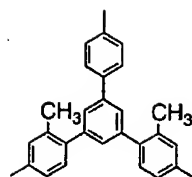
【化7】



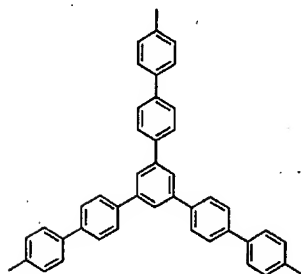
(4)



(4-1)



(4-2)



(4-3)

(但し、式中Arは構造式(4-1)～(4-3)に示した芳香族炭化水素基のいずれかを表し、R1～R6は水素、または炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～12のアリール基を表す。)

【請求項4】

請求項1乃至請求項3のいずれか一項において、

前記無機化合物は、遷移金属の酸化物であることを特徴とする複合材料。

【請求項5】

請求項1乃至請求項3のいずれか一項において、

前記無機化合物は、元素周期表における4乃至8属に属する金属の酸化物であることを特徴とする複合材料。

【請求項6】

請求項1乃至請求項3のいずれか一項において、

前記無機化合物は、バナジウム酸化物、タンタル酸化物、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、レニウム酸化物及びビルテニウム酸化物が好ましい。この中でもモリブデンの酸化物から選ばれる少なくとも一の金属酸化物であることを特徴とする複合材料。

【請求項7】

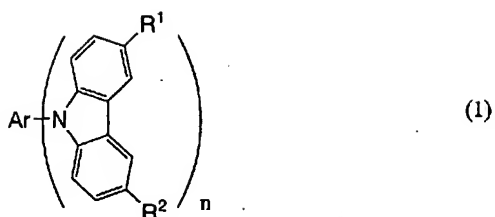
第1の電極と第2の電極との間に、

一般式(1)で表される有機化合物及び無機化合物を含む層と、

発光物質を含む層と、

を有することを特徴とする発光素子。

【化 8】



(但し式中Arは炭素数6～42の芳香族炭化水素基を表し、nは1～3の自然数を表し、R1、R2は水素、または炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～12のアリール基を表す。)

【請求項 8】

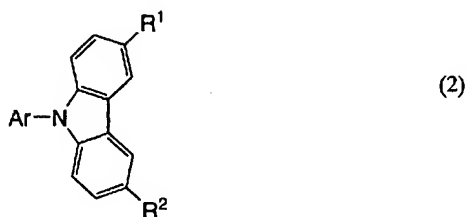
第1の電極と第2の電極との間に、

一般式(2)乃至(4)で表される有機化合物のいずれか1つ及び無機化合物を含む層と、

発光物質を含む層と、

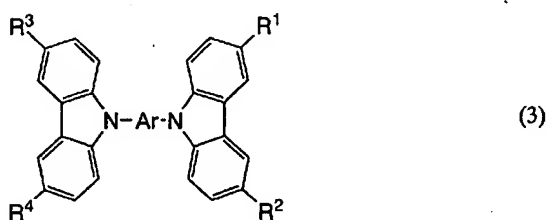
を有することを特徴とする発光素子。

【化 9】



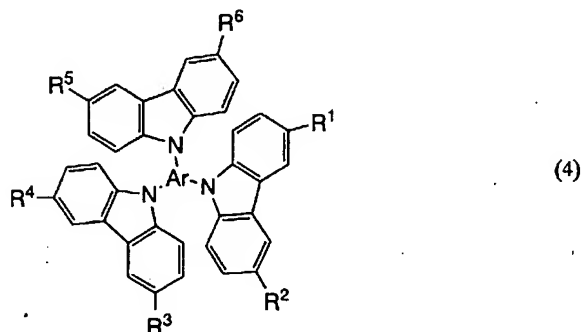
(但し、式中Arは炭素数6～42の1価の芳香族炭化水素基を表し、R1、R2は水素、または炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～12のアリール基を表す。)

【化 10】



(但し、式中Arは炭素数6～42の2価の芳香族炭化水素基を表し、R1～R4は水素、または炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～12のアリール基を表す。)

【化 11】



(但し、式中Arは炭素数6～42の3価の芳香族炭化水素基を表し、R1～R6は水素

、または炭素数 1 ～ 4 のアルキル基、または炭素数 6 ～ 12 のアリール基を表す。)

【請求項 9】

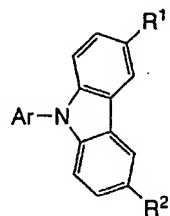
第 1 の電極と第 2 の電極との間に、

一般式 (2) 乃至 (4) で表される有機化合物のいずれか 1 つ及び無機化合物を含む層と、

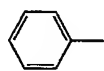
発光物質を含む層と、

を有することを特徴とする発光素子。

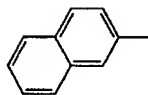
【化 12】



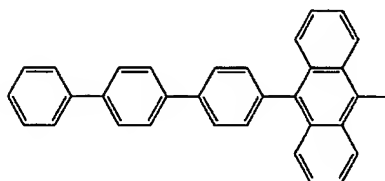
(2)



(2-1)



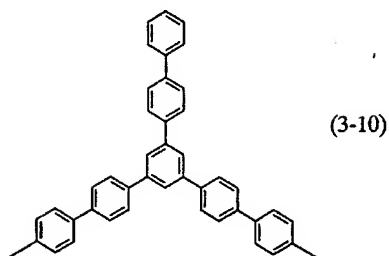
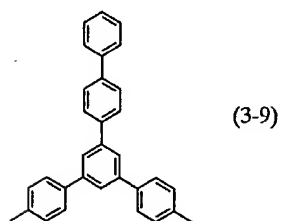
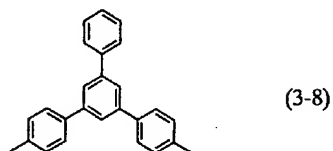
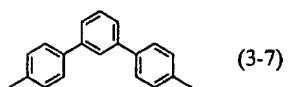
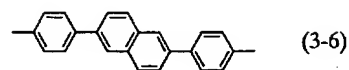
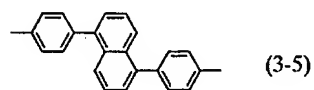
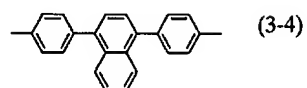
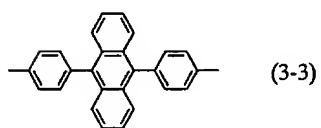
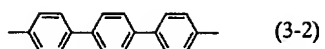
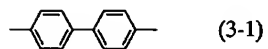
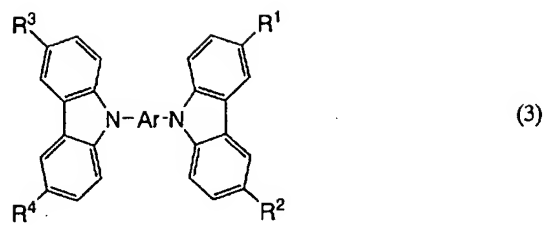
(2-2)



(2-3)

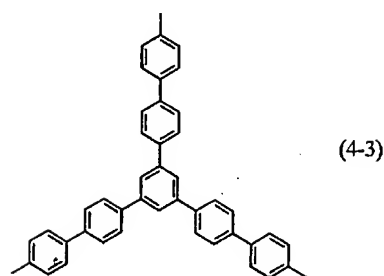
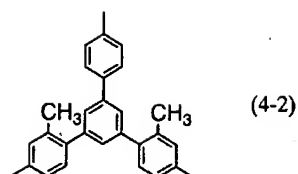
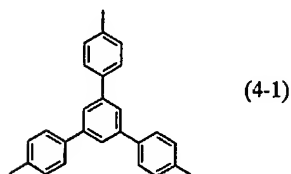
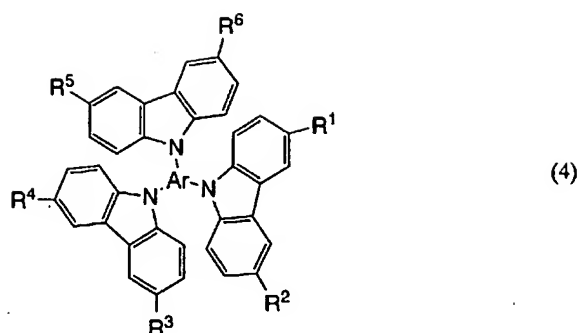
(但し、式中 Ar は構造式 (2-1) ～ (2-3) に示した芳香族炭化水素基のいずれかを表し、R1、R2 は水素、または炭素数 1 ～ 4 のアルキル基、または炭素数 6 ～ 12 のアリール基を表す。)

【化 13】



(但し、式中Arは構造式(3-1)～(3-10)に示した芳香族炭化水素基のいずれかを表し、R1～R4は水素、または炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～12のアリール基を表す。)

【化 1 4】



(但し、式中Arは構造式(4-1)～(4-3)に示した芳香族炭化水素基のいずれかを表し、R1～R6は水素、または炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～12のアリール基を表す。)

【請求項10】

請求項7乃至請求項9のいずれか一項において、

前記無機化合物は、遷移金属の酸化物であることを特徴とする発光素子。

【請求項11】

請求項7乃至請求項9のいずれか一項において、

前記無機化合物は、元素周期表における4乃至8属に属する金属の酸化物であることを特徴とする発光素子。

【請求項12】

請求項7乃至請求項9のいずれか一項において、

前記無機化合物は、バナジウム酸化物、タンタル酸化物、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、レニウム酸化物及びビルテニウム酸化物が好ましい。この中でもモリブデンの酸化物から選ばれる少なくとも一の金属酸化物であることを特徴とする発光素子。

【請求項13】

請求項7乃至請求項12のいずれか一項に記載の発光素子と、

前記発光素子の発光を制御する手段を有することを特徴とする発光装置。

【請求項14】

表示部を有し、

前記表示部は請求項7乃至請求項12のいずれか一項に記載の発光素子を有し、

前記発光素子を制御する手段を備えたことを特徴とする電子機器。

【書類名】明細書

【発明の名称】複合材料、発光素子及び発光装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機化合物と無機化合物とを複合した複合材料であって、キャリア輸送性および有機化合物へのキャリア注入性に優れ、かつ透明性にも優れた複合材料に関する。また、前記複合材料を用いた電流励起型の発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、発光性の有機化合物を用いた発光素子の研究開発が盛んに行われている。これら発光素子の基本的な構成は、一対の電極間に発光性の有機化合物を含む層を挟んだものである。この素子に電圧を印加することにより、一対の電極から電子およびホールがそれぞれ発光性の有機化合物を含む層に注入され、電流が流れる。そして、それらキャリア（電子およびホール）が再結合することにより、発光性の有機化合物が励起状態を形成し、その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。このようなメカニズムから、このような発光素子は、電流励起型の発光素子と呼ばれる。

【0003】

なお、有機化合物が形成する励起状態の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であり、一重項励起状態からの発光が蛍光、三重項励起状態からの発光が燐光と呼ばれている。

【0004】

このような発光素子は通常、サブミクロン程度の薄膜で形成されるため、薄型軽量に作製できることが大きな利点である。また、キャリアが注入されてから発光に至るまでの時間はマイクロ秒程度あるいはそれ以下であるため、非常に応答速度が速いことも特長の一つである。これらの特性は、フラットパネルディスプレイ素子として好適であると考えられている。

【0005】

また、これらの発光素子は膜状に形成されるため、大面積の素子を形成することにより、面状の発光を容易に得ることができる。このことは、白熱電球やLEDに代表される点光源、あるいは蛍光灯に代表される線光源では得難い特色であるため、照明等に応用できる面光源としての利用価値も高い。

【0006】

このように、発光性の有機化合物を用いた電流励起型の発光素子は、発光装置や照明等への応用が期待されているが、未だ課題も多い。その課題の一つとして、消費電力の低減が挙げられる。消費電力を低減するためには、発光素子の駆動電圧を低減することが重要である。そして、電流励起型の発光素子は流れる電流量によって発光強度が決まるため、駆動電圧を低減するためには、低い電圧で多くの電流を流すことが必要となってくる。

【0007】

これまで、駆動電圧を低減させるための手法として、バッファ層を電極と発光性の有機化合物を含む層との間に設けるという試みがなされている。例えば、カンファースルホン酸をドーブしたポリアニリン(PANI)からなるバッファ層をインジウム錫酸化物(ITO)と発光層との間に設けることにより、駆動電圧を低減できることが知られている(例えば、非特許文献1参照)。これは、PANIの発光層へのキャリア注入性が優れているためと説明されている。なお、非特許文献1では、バッファ層であるPANIも電極の一部と見なしている。

【0008】

しかしながら、非特許文献1に記載してある通り、PANIは膜厚を厚くすると透過率が悪くなるという問題点がある。具体的には、250nm程度の膜厚で、透過率は70%を切ると報告されている。すなわち、バッファ層に用いている材料自体の透明性に問題があるため、素子内部で発生した光を効率良く取り出すことができない。

【0009】

また、特許文献1によれば、発光素子（特許文献1では発光ユニットと記載されている）を直列に接続することにより、ある電流密度当たりの輝度、すなわち電流効率を高めようという試みがなされている。特許文献1においては、発光素子を直列に接続する際の接続部分に、有機化合物と金属酸化物（具体的には酸化バナジウムおよび酸化レニウム、）とを混合した層を適用しており、この層はホールや電子を発光ユニットへ注入できるとされている。

【0010】

しかしながら、特許文献1で開示されている有機化合物と金属酸化物との混合層は、実施例を見てもわかる通り、赤外領域だけでなく可視光領域（500nm付近）にも大きな吸収ピークが発生しており、やはり透明性に問題が生じている。したがって、やはり素子内部で発生した光を効率良く取り出すことができず、素子の発光効率が低下する。

【非特許文献1】Y. Yang、他1名、アブライド フィジクス レターズ、Vol. 64 (10)、1245-1247 (1994)

【特許文献1】特開2003-272860

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

そこで本発明では、有機化合物と無機化合物とを複合した複合材料であって、キャリア輸送性および有機化合物へのキャリア注入性に優れ、かつ透明性にも優れた複合材料を提供することを課題とする。

【0012】

また、前記複合材料を電流励起型の発光素子に適用することにより、駆動電圧および発光効率の双方に優れた発光素子を提供することを課題とする。さらに、前記発光素子を用いて発光装置を作製することにより、消費電力の小さい発光装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の複合材料は特定の骨格を有する有機化合物と無機化合物との複合材料であり、特定の骨格を有する有機化合物とはアリールアミン骨格を有さないアリールカルバゾールである。無機化合物は遷移金属の酸化物を用いることができ、好ましくは周期表における4～8属に属する金属の酸化物が望ましい。特にバナジウム酸化物、タンタル酸化物、モリブデン酸化物、タンゲステン酸化物、レニウム酸化物及びルテニウム酸化物を好適に用いることができる。

【0014】

本発明の発光素子は上記した複合材料よりなる層をその一部に含む。特に発光層より陽極として機能する電極側に形成することが望ましい。また、その際、本発明の複合材料よりなる層を陽極として機能する電極に接して設けるとなお良い。また、この場合は本発明の複合材料よりなる層を60nm以上としても良い。

【0015】

本発明の発光装置は上記した発光素子を備えてなる発光装置である。

【発明の効果】

【0016】

本発明を実施することで、有機化合物と無機化合物とを複合した複合材料であって、キャリア輸送性および有機化合物へのキャリア注入性に優れ、かつ透明性にも優れた複合材料を提供することができる。

【0017】

また、前記複合材料を電流励起型の発光素子に適用することにより、駆動電圧および発光効率の双方に優れた発光素子を提供することができる。さらに、前記発光素子を用いて発光装置を作製することにより、消費電力の小さい発光装置を提供することができる。

【0018】

また、前記複合材料は厚膜化しても駆動電圧が上昇しないことから光学設計を容易に行うことができ、また、発光素子の信頼性を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。但し、本発明は多くの異なる態様で実施することが可能であり、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0020】

(実施の形態1)

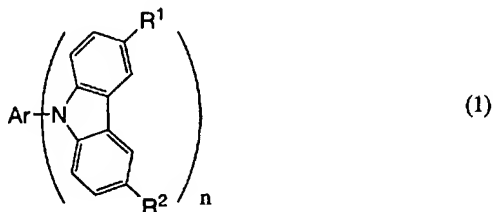
本発明の複合材料の構成について説明する。本発明の複合材料は特定の骨格を有する有機化合物と無機化合物との複合材料である。本発明の複合材料の作製方法には限定はないが、当該有機化合物と向き化合物を同時に蒸着する共蒸着法により形成することができる。本発明の有機化合物と無機化合物の混合比はモル比で1：0.1～1：10程度が好ましく、さらに望ましくは1：0.5～1：2であることが好ましい。混合比は共蒸着法により形成する場合は有機化合物と無機化合物各々の蒸着レートを調節することによって制御することができる。

【0021】

本発明の複合材料に用いることが可能な有機化合物は下記一般式(1)～(4)で表される有機化合物である。

【0022】

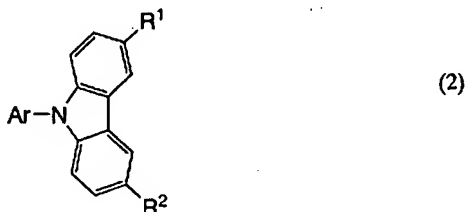
【化1】



式中Arは炭素数6～42の芳香族炭化水素基を表し、nは1～3の自然数を表し、R1、R2は水素、または炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～12のアリール基を表す。

【0023】

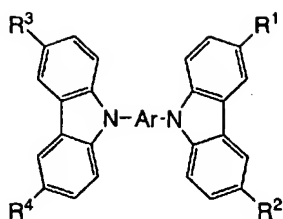
【化2】



ただし、式中Arは炭素数6～42の1価の芳香族炭化水素基を表し、R1、R2は水素、または炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～12のアリール基を表す。

【0024】

【化3】

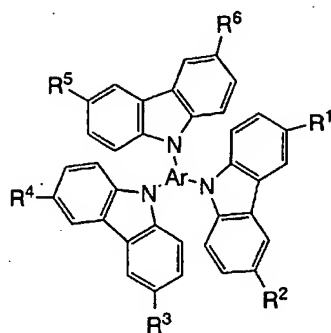


(3)

ただし、式中Arは炭素数6～42の2価の芳香族炭化水素基を表し、R1～R4は水素、または炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～12のアリール基を表す。

【0025】

【化4】



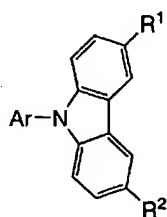
(4)

ただし、式中Arは炭素数6～42の3価の芳香族炭化水素基を表し、R1～R6は水素、または炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～12のアリール基を表す。

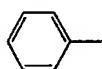
【0026】

また、本発明の複合材料に用いることが可能な有機化合物としてより好ましくは、下記一般式(2)～(4)で表される有機化合物である。

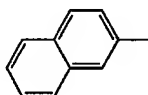
【化5】



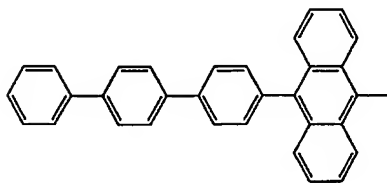
(2)



(2-1)



(2-2)

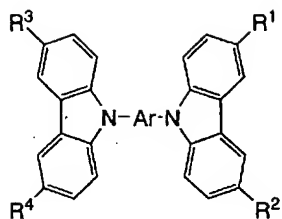


(2-3)

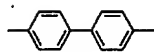
ただし、式中Arは構造式(2-1)～(2-3)に示した芳香族炭化水素基のいずれかを表し、R1、R2は水素、または炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～12のアリール基を表す。

【 0 0 2 7 】

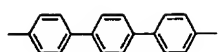
【 化 6 】



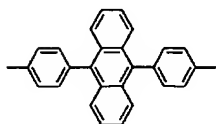
(3)



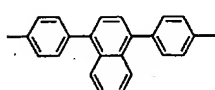
(3-1)



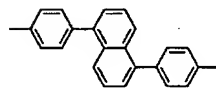
(3-2)



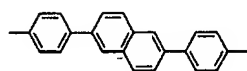
(3-3)



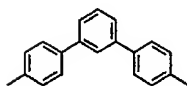
(3-4)



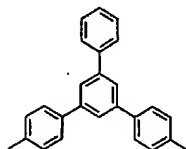
(3-5)



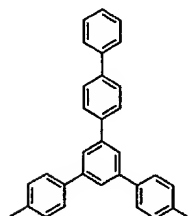
(3-6)



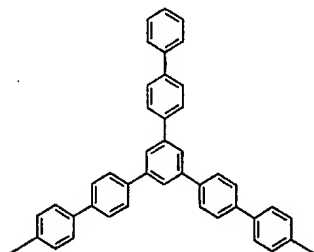
(3-7)



(3-8)



(3-9)

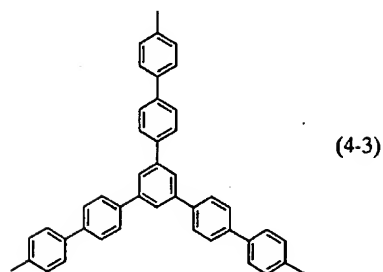
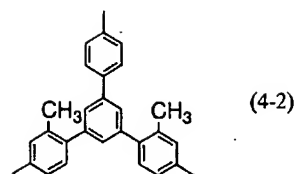
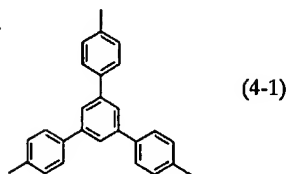
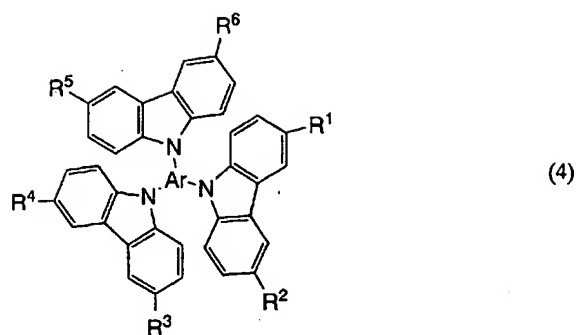


(3-10)

ただし、式中Arは構造式(3-1)～(3-10)に示した芳香族炭化水素基のいずれかを表し、R1～R4は水素、または炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～12のアリール基を表す。

【 0 0 2 8 】

【化7】



ただし、式中Arは構造式(4-1)～(4-3)に示した芳香族炭化水素基のいずれかを表し、R1～R6は水素、または炭素数1～4のアルキル基、または炭素数6～12のアリール基を表す。

【0029】

なお、上述した一般式において、アルキル基として好ましくはメチル基、エチル基、イソプロピル基、tertブチル基であり、アリール基として好ましくは、フェニル基、トリル基、2-ビフェニル基、4-ビフェニル基である。

【0030】

なお、上記した一般式で表される有機化合物のうち、特に $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ の正孔移動度を有する有機化合物を用いることが好ましい

【0031】

以下の構造式(5)～(23)に上記一般式で表される有機化合物の一部を具体例として示す。

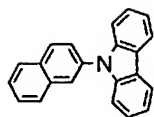
【0032】

【化8】



【0033】

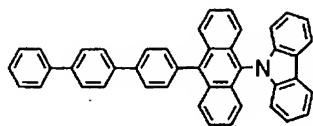
【化 9】



(6)

【0 0 3 4】

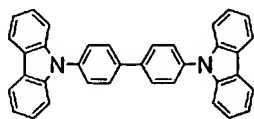
【化 1 0】



(7)

【0 0 3 5】

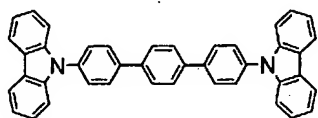
【化 1 1】



(8)

【0 0 3 6】

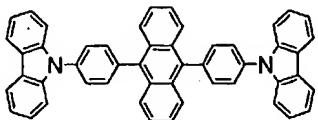
【化 1 2】



(9)

【0 0 3 7】

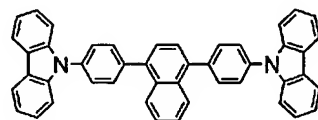
【化 1 3】



(10)

【0 0 3 8】

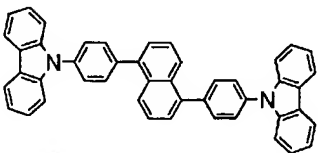
【化 1 4】



(11)

【0 0 3 9】

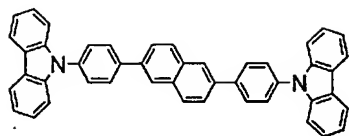
【化 1 5】



(12)

【0 0 4 0】

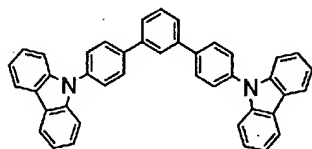
【化16】



(13)

【0041】

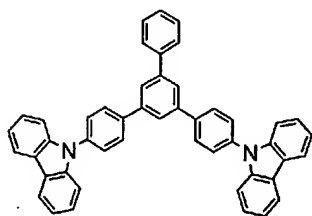
【化17】



(14)

【0042】

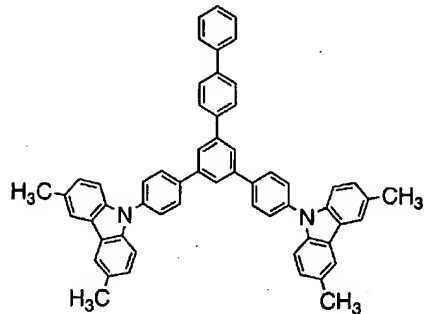
【化18】



(15)

【0043】

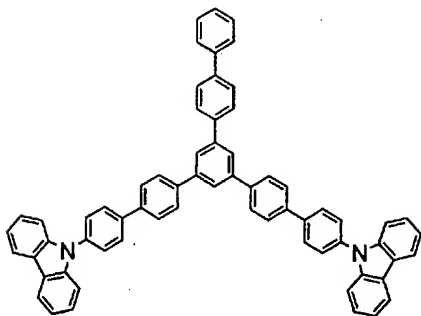
【化19】



(16)

【0044】

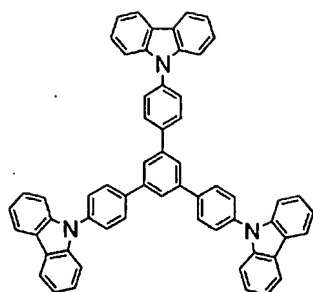
【化20】



(17)

【0045】

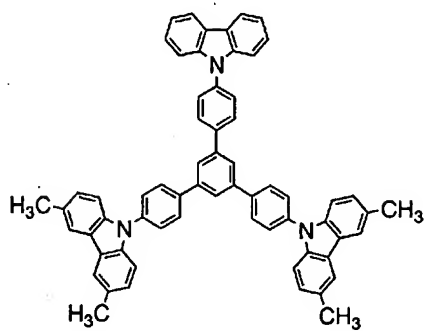
【化21】



(18)

【0046】

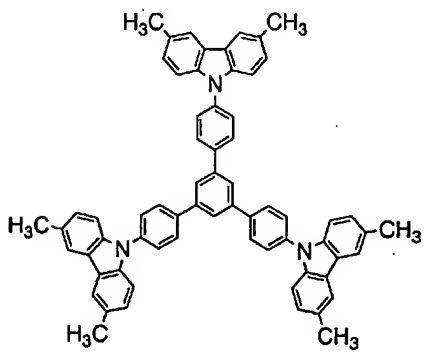
【化22】



(19)

【0047】

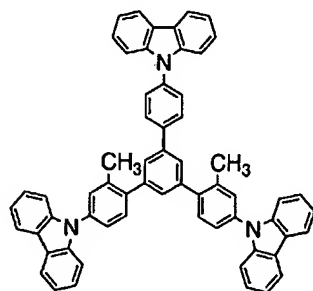
【化23】



(20)

【0048】

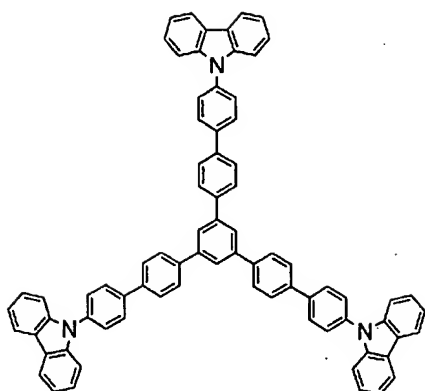
【化24】



(21)

【0049】

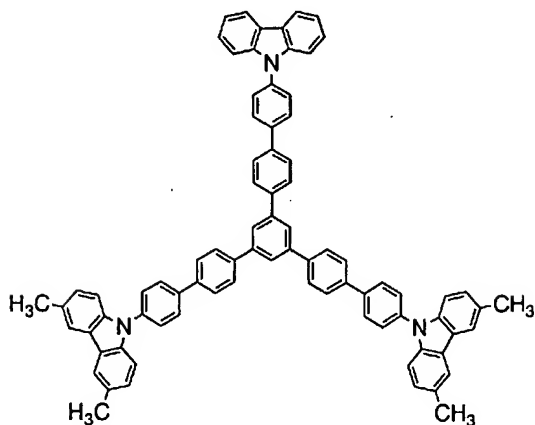
【化25】



(22)

【0050】

【化26】



(23)

【0051】

続いて、本発明の複合材料に用いることが可能な無機化合物について説明する。本発明の複合材料には遷移金属の酸化物を無機化合物として用いることができる。好ましくは周期表における4～8属に属する金属の酸化物が望ましい。特にバナジウム酸化物、タンタル酸化物、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、レニウム酸化物及びルテニウム酸化物が好ましい。この中でもモリブデンの酸化物は蒸着がしやすく、安定であることから特に扱いやすい材料である。

【0052】

以上に述べた有機化合物と無機化合物とを含む本発明の複合材料は、キャリア輸送性および有機化合物へのキャリア注入性に優れ、かつ透明性にも優れた複合材料である。

【0053】

また、本発明の複合材料はキャリア輸送性および有機化合物へのキャリア注入性に優れることから、発光素子や、光電変換素子、薄膜トランジスタ等の半導体素子に用いることが可能である。

【0054】

また、本発明の複合材料を用いた発光素子は本発明の複合材料がキャリア輸送性および有機化合物へのキャリア注入性に優れることから、駆動電圧を低下させることが可能となる。

【0055】

また、本発明の複合材料を用いた発光素子及び光電変換素子は本発明の複合材料が透明性に優れることから、効率の良い素子とすることができる。

【0056】

(実施の形態2)

本発明の発光素子について説明する。本発明の発光素子は、一対の電極間に発光物質を含む層と複合材料でなる層とを含んでいる。なお、複合材料とは、実施の形態1で説明した本発明の複合材料である。

【0057】

図1に本発明の発光素子の構造の一例を示す。第1の電極101と、第2の電極102との間に、発光積層体103は挟持されている構成となっている。本実施の形態では、第1の電極101は陽極として機能する電極であり、第2の電極102は陰極として機能する電極である場合について説明する。第1の電極101及び第2の電極102は金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物金属、化合物、合金を用いることができる。例えば、アルミニウム(Al)、銀(Ag)、金(Au)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、タングステン(W)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、銅(Cu)、パラジウム(Pd)、リチウム(Li)、セシウム(Cs)、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)、チタン(Ti)などの導電性を有する金属、又はアルミニウム-シリコン(Al-Si)、アルミニウム-チタン(Al-Ti)、アルミニウム-シリコン-銅(Al-Si-Cu)等それらの合金、または窒化チタン(TiN)等の金属材料の窒化物、ITO(indium tin oxide)、ゲイ素を含有するITO(ITSO)、酸化インジウムに2~20[%]の酸化亜鉛(ZnO)を混合したIZO(indium zinc oxide)等の金属化合物などを用いることができるが、陽極として機能する電極には、その中でも、仕事関数の大きい(仕事関数4.0eV以上)材料用いることが望ましく、また陰極として機能する電極にはその中でも、仕事関数の小さい(仕事関数3.8eV以下)材料を用いることが望ましい。

【0058】

発光積層体103は、第1の層111、第2の層112が積層された構成となっている。

【0059】

第1の層111は、第2の層112に正孔を輸送する機能を担う層であり、実施の形態1に記載した本発明の複合材料よりなる層である。本発明の複合材料は優れた正孔注入性、正孔輸送性を示すため発光素子の駆動電圧を低減することができる。なお、本発明の複合材料を含む第1の層111は正孔輸送性、正孔注入性に優れているため、発光機能を担う層よりも陽極側に設けることが好ましい。本実施の形態では、陽極として機能する第1の電極101に接するように第1の層111を設けた場合について説明する。

【0060】

複合材料に含まれる有機化合物、無機化合物は、実施の形態1で述べたものを用いればよい。

【0061】

また、上記の複合材料は、導電性が高いため、厚膜化した場合でも駆動電圧の上昇を抑制することができる。よって、駆動電圧の上昇を招くことなく第1の層111を厚くすることができるため、ゴミ等に起因する素子の短絡を抑制することができる。このような効果は第1の層111を60nm以上とすると効果的である。

【0062】

また、上記の複合材料は、無機化合物を含んでいるため、発光素子の耐熱性を向上させることができる。

【0063】

第2の層112は、発光機能を担う層である。第2の層112は、単層で構成されていてもよいし、複数の層から構成されていてもよい。例えば、発光層以外に、電子注入層、

電子輸送層、正孔ブロッキング層、正孔輸送層、正孔注入層等の機能性の各層を自由に組み合わせ設けてもよい。また、第2の層112には、公知の材料を用いることができ、低分子系材料および高分子系材料のいずれを用いることもできる。なお、第2の層112を形成する材料には、有機化合物材料のみから成るものだけでなく、無機化合物を一部に含む構成も含めるものとする。第2の層112にも無機化合物を含む構成とすることにより、より耐熱性が向上するという効果を得ることができる。

【0064】

正孔注入層を形成する正孔注入性材料としては、公知の材料を用いることができ、正孔注入層として用いる材料のイオン化ポテンシャルが、正孔注入層に陽極として機能する電極の反対側に接して形成されている機能層のイオン化ポテンシャルよりも相対的に小さくなるような物質を正孔輸送性を有する物質の中から選択することによって、正孔注入層を形成することができる。具体的には、酸化バナジウムや酸化モリブデン、酸化ルテニウム、酸化アルミニウムなどの金属酸化物などが良い。あるいは、有機化合物であればポルフィリン系の化合物が有効であり、フタロシアニン（略称： H_2-Pc ）、銅フタロシアニン（略称： $Cu-Pc$ ）等を用いることができる。また、導電性高分子化合物に化学ドーピングを施した材料もあり、ポリスチレンスルホン酸（略称： PSS ）をドーピングしたポリエチレンジオキシチオフェン（略称： $PEDOT$ ）や、ポリアニリン（略称： $PAni$ ）などを用いることができる。

【0065】

正孔輸送層を形成する正孔輸送性材料としては、公知の材料を用いることができる。具体例としては、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル（略称： NPB ）、4,4'-ビス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル（略称： TPD ）、4,4',4''-トリリス(N,N-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン（略称： $TDATA$ ）、4,4',4''-トリリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン（略称： $MTDATA$ ）、4,4'-ビス{N-[4-(N,N-ジ-m-トリルアミノ)フェニル]-N-フェニルアミノ}ビフェニル（略称： $DNTPD$ ）、1,3,5-トリリス[N,N-ジ(m-トリル)アミノ]ベンゼン（略称： $m-MTDAB$ ）、4,4',4''-トリリス(N-カルバゾリル)トリフェニルアミン（略称： $TC TA$ ）、フタロシアニン（略称： H_2Pc ）、銅フタロシアニン（略称： $CuPc$ ）、バナジルフタロシアニン（略称： $VOPc$ ）等が挙げられる。芳香族アミン系（すなわち、ベンゼン環-窒素の結合を有するもの）が特に好ましい化合物である。

【0066】

発光層は発光性の物質を含んでおり、ここで、発光性の物質とは、光効率が良好で、所望の発光波長の発光をし得る物質である。発光層について特に限定はないが、発光性の物質が、発光性の物質が有するエネルギーギャップよりも大きいエネルギーギャップを有する物質からなる層中に分散して含まれた層であることが好ましい。これによって、発光性の物質からの発光が、濃度に起因して消光してしまうことを防ぐことができる。なお、エネルギーギャップとはLUMO準位とHOMO準位との間のエネルギーギャップを言う。

【0067】

発光層を形成する発光性の物質について特に限定はなく、発光効率が良好で、所望の発光波長の発光をし得る物質を用いればよい。例えば、赤色系の発光を得たいときには、4-ジシアノメチレン-2-イソプロピル-6-[2-(1,1,7,7-テトラメチルジユロリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン（略称： $DCJTI$ ）、4-ジシアノメチレン-2-メチル-6-[2-(1,1,7,7-テトラメチル-9-ジユロリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン（略称： $DCJT$ ）、4-ジシアノメチレン-2-tert-ブチル-6-[2-(1,1,7,7-テトラメチルジユロリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン（略称： $DCJTB$ ）やベリフランテン、2,5-ジシアノ-1,4-ビス[2-(10-メトキシ-1,1,7,7-テトラメチルジユロリジン-9-イル)エテニル]ベンゼン等、600nmから680nmに発光スペクトルのピー

クを有する発光を呈する物質を用いることができる。また緑色系の発光を得たいときは、N, N'-ジメチルキナクリドン（略称：DMQd）、クマリン6やクマリン545T、トリス（8-キノリノラト）アルミニウム（略称：Alq₃）等、500nmから550nmに発光スペクトルのピークを有する発光を呈する物質を用いることができる。また、青色系の発光を得たいときは、9, 10-ビス（2-ナフチル）-tert-ブチルアントラセン（略称：t-BuDNA）、9, 9'-ビアントリル、9, 10-ジフェニルアントラセン（略称：DPA）、9, 10-ビス（2-ナフチル）アントラセン（略称：DNA）、ビス（2-メチル-8-キノリノラト）-4-フェニルフェノラト-ガリウム（略称：BGaq）、ビス（2-メチル-8-キノリノラト）-4-フェニルフェノラト-アルミニウム（略称：BALq）等、420nmから500nmに発光スペクトルのピークを有する発光を呈する物質を用いることができる。以上のように、蛍光を発光する物質の他、ビス〔2-（3, 5-ビス（トリフルオロメチル）フェニル）ピリジナト-N, C^{2'}〕イリジウム（Ir（IIL）ピコリナート（略称：Ir（CF₃ppy）₂（pic））、ビス〔2-（4, 6-ジフルオロフェニル）ピリジナト-N, C^{2'}〕イリジウム（Ir（IIL）アセチルアセトナート（略称：FIr（acac））、ビス〔2-（4, 6-ジフルオロフェニル）ピリジナト-N, C^{2'}〕イリジウム（Ir（IIL）ピコリナート（FIr（pic））、トリス（2-フェニルピリジナト-N, C^{2'}）イリジウム（略称：Ir（ppy）₃）等の磷光を発光する物質も発光性の物質として用いることができる。

【0068】

また、発光性の物質を分散状態にするために用いる物質について特に限定はなく、例えば、9, 10-ジ（2-ナフチル）-2-tert-ブチルアントラセン（略称：t-BuDNA）等のアントラセン誘導体、または4, 4'-ジ（N-カルバゾリル）ビフェニル（略称：CBP）等のカルバゾール誘導体の他、ビス〔2-（2-ヒドロキシフェニル）ピリジナト〕亜鉛（略称：Znpp₂）、ビス〔2-（2-ヒドロキシフェニル）ベンゾオキサゾラト〕亜鉛（略称：ZnBOX）等の金属錯体等を用いることができる。

【0069】

電子輸送層を形成する電子輸送性材料としては、公知の材料を用いることができる。具体的には、トリス（8-キノリノラト）アルミニウム（略称：Alq₃）、トリス（4-メチル-8-キノリノラト）アルミニウム（略称：Almq₃）、ビス（10-ヒドロキシベンゾ[h]-キノリナト）ベリリウム（略称：BeBq₂）、ビス（2-メチル-8-キノリノラト）-（4-ヒドロキシ-ビフェニル）-アルミニウム（略称：BALq）、ビス〔2-（2-ヒドロキシフェニル）-ベンゾオキサゾラト〕亜鉛（略称：Zn（BOX）₂）、ビス〔2-（2-ヒドロキシフェニル）-ベンゾチアゾラト〕亜鉛（略称：Zn（BTZ）₂）などの典型金属錯体が挙げられる。あるいは9, 10-ジフェニルアントラセンや4, 4'-ビス（2, 2-ジフェニルエチニル）ビフェニルなどの炭化水素系化合物なども好適である。あるいは、3-（4-tert-ブチルフェニル）-4-（4-エチルフェニル）-5-（4-ビフェニル）-1, 2, 4-トリアゾールなどのトリアゾール誘導体、バソフェナントロリンやバソキュープロインなどのフェナントロリン誘導体を用いても良い。

【0070】

電子注入層を形成する電子注入性材料としては、公知の材料を用いることができる。具体的には、フッ化カルシウムやフッ化リチウム、酸化リチウムや塩化リチウムなどのアルカリ金属塩、アルカリ土類金属塩などが好適である。あるいは、トリス（8-キノリノラト）アルミニウム（略称：Alq₃）やバソキュープロイン（略称：BCP）などの、いわゆる電子輸送性の材料にリチウムなどのドナー性化合物を添加した層も用いることができる。

【0071】

なお、本実施の形態では、第1の層111が正孔注入層としての機能を担うため、第2の層112に正孔注入層を設けなくてもよい。

【0072】

また、本発明の形態では、発光層のみに発光に預かるドーバントが添加され、このドーバントからの発光だけが観測されるが、他の層、例えば電子輸送層や正孔輸送層に異なる発光を示すドーバントを添加しても構わない。発光層から得られる発光と、他の層に添加されたドーバントの発光が互いに補色の関係にある場合、白色の発光が得られる。

【0073】

なお、第1の電極101や第2の電極102の種類を変えることで、本実施の形態の発光素子は様々なバリエーションを有する。その模式図を図3および図4に示す。なお、図3および図4では、図1の符号を引用する。また、100は、本発明の発光素子を担持する基板である。

【0074】

図4は、発光積層体103が、基板100側から第1の層111、第2の層112の順で構成されている場合の例である。この時、第1の電極101を光透過性とすることで、図4(a)のように基板100側から光を出射する構成となる。また、第1の電極101を遮光性（特に反射性）とし、第2の電極102を光透過性とすることで、図4(b)のように基板100の逆側から光を出射する構成となる。さらに、第1の電極101、第2の電極102の両方を光透過性とすることで、図4(c)に示すように、基板100側と基板100の逆側の両方に光を出射する構成も可能となる。

【0075】

図3は、発光積層体103が、基板100側から第2の層112、第1の層111の順で構成されている場合の例である。この時、第1の電極101を遮光性（特に反射性）とし、第2の電極102を光透過性とすることで、図3(a)のように基板100側から光を取り出す構成となる。また、第1の電極101を光透過性とし、第2の電極102を遮光性（特に反射性）とすることで、図3(b)のように基板100と逆側から光を取り出す構成となる。さらに、第1の電極101、第2の電極102の両方を光透過性とすることで、図3(c)に示すように、基板100側と基板100の逆側の両方に光を出射する構成も可能となる。

【0076】

本実施の形態の発光素子において、第1の層111は、実施の形態1に記載の複合材料により形成されているため、極めて高い正孔注入性、正孔輸送性を示す。したがって、第1の層111を厚くしても駆動電圧の上昇を抑制することができる。よって、駆動電圧の上昇を抑制し、かつ、発光素子の短絡を防止することができる。また、光学設計による色純度の向上のため、第1の層111の膜厚を自由に設定することが可能となる。また、本発明の発光素子は第1の層111が透明性の高い実施の形態1に記載の複合材料により形成されていることから、効率の良い発光素子とすることができる。また、本発明の複合材料による膜は厚膜化して形成したとしても透明性に優れているため、厚膜化したことによる当該膜の吸収の影響が小さく、短絡防止対策や光学設計を行った上で効率の良い発光素子とすることができる。短絡防止効果は第1の層111を60nm以上とすると効果的である。

【0077】

また、図3の構成のように、第2の電極102を形成し、第2の層112、第1の層111を順次形成し、第1の電極101をスパッタリングにより成膜する場合などは、発光性の物質が存在する第2の層112へのダメージを低減することもできる。

【0078】

（実施の形態3）

本実施の形態では、実施の形態2で示した発光素子の作製方法について説明する。

【0079】

まず第1の電極101を形成する。第1の電極101は実施の形態2に示したような材料を用いてスパッタリング法や蒸着法など公知の方法により適宜形成すればよい。

【0080】

次に、第1の層111を形成する。第1の層111の形成方法について特に限定は無い

が、実施の形態1に記載された複合材料に用いることができる有機化合物と無機化合物を共蒸着することにより形成することができる。

【0081】

次に、第2の層112を形成する。第2の層112は、公知の材料を用いることができ、公知の方法により形成することができるが、蒸着法による形成が一般的である。

【0082】

第2の電極102は公知の材料を用いることができ、公知の方法により形成することができる。具体的には、実施の形態2に第1の電極101や第2の電極102の材料として列挙した材料を用いることができ、スパッタリング法や蒸着法など公知の方法により形成すればよい。蒸着法は特に第2の層へのダメージが少ないので好ましい方法である。第1の電極101および第2の電極102はそのいずれか一方、もしくは両方が透光性を有していればよい。

【0083】

上記の方法に従い、本発明の発光素子を作製することができる。なお、本実施の形態では、第1の電極101から形成する方法について説明したが、第2の電極102から順次形成して発光素子を作製してもよい。

【0084】

(実施の形態4)

本実施の形態では、複合材料よりなる層を、陽極と発光層の間、かつ、陽極と接しないように設ける場合について説明する。

【0085】

図2に本発明の発光素子の構造の一例を示す。第1の電極301と、第2の電極302との間に、発光積層体303が挟持されている構成となっている。発光積層体303は、第1の層311、第2の層312、第3の層313が積層された構成となっている。本実施の形態では、第1の電極301が陽極として機能し、第2の電極302が陰極として機能する場合について説明する。

【0086】

第1の層311は正孔を注入する機能を有する層である。正孔注入層を形成する正孔注入性材料としては公知の材料を用いることができる。具体的には、実施の形態2で示した正孔注入性材料を用いることができる。

【0087】

第2の層312は、実施の形態1に記載の複合材料よりなる層である。実施の形態2で示した第1の層111と同様の構成を適用することができる。

【0088】

第3の層313は、発光機能を担う層であり、実施の形態2で示した第2の層112と同様の構成を適用することができる。

【0089】

本実施の形態の発光素子において、第1の層312は、実施の形態1に記載の複合材料により形成されているため、極めて高い正孔注入性、正孔輸送性を示す。したがって、第1の層312を厚くしても駆動電圧の上昇を抑制することができる。よって、駆動電圧の上昇を抑制し、かつ、発光素子の短絡を防止することができる。また、光学設計による色純度の向上のため、第1の層312の膜厚を自由に設定することが可能となる。また、本発明の発光素子は第1の層312が透明性の高い実施の形態1に記載の複合材料により形成されていることから、効率の良い発光素子とすることができる。また、本発明の複合材料による膜は厚膜化して形成したとしても透明性に優れているため、厚膜化したことによる当該膜の吸収の影響が小さく、短絡防止や光学設計を行った上で効率の良い発光素子とすることができる。短絡防止効果は第1の層312を60nm以上とすると効果的である。

【0090】

(実施の形態5)

本実施の形態では、他に示した構成とは異なる構成を有する発光素子について、図5を

用いて説明する。

【0091】

図5に本発明の発光素子の構造の一例を示す。第1の電極201と、第2の電極202との間に、発光積層体203は挟持されている構成となっている。発光積層体203は、第1の層211、第2の層212、第3の層213、第4の層214が順次積層された構成となっている。本実施の形態では、第1の電極201が陽極として機能し、第2の電極202が陰極として機能する場合について説明する。

【0092】

本実施の形態の発光素子は、次の様に動作する。まず、第2の電極202よりも第1の電極201の電位の方が高くなるように電圧を印加すると、第4の層214から第2の電極202へは正孔が注入され、第3の層213から第2の層212へは、電子が注入される。また、第1の電極201から第1の層211へは正孔が注入され、第1の層211から第2の層212へ正孔が注入される。第1の層211から注入された正孔と、第3の層213から注入された電子とは、第2の層212において再結合し、発光性の物質を励起状態にする。そして、励起状態の発光性の物質は基底状態に戻るときに発光する。

【0093】

第1の電極201、第2の電極202、第1の層211、第2の層212は、実施の形態2における第1の電極101、第2の電極102、第1の層111、第2の層112とそれぞれ同じ構成を適用することができる。つまり、第1の電極は公知の材料を用いることができ、第1の層211は、実施の形態1に記載の複合材料よりなる層であり、第2の層212は発光機能を担う層である。

【0094】

第3の層213は、電子を発生するドナー準位を有する材料を含む層である。このような層としては、例えば、電子輸送性物質と、その物質に対して電子供与性を示す物質とを含む層が挙げられる。ここで、電子輸送性物質とは、正孔よりも電子の輸送性が高い物質である。電子輸送性物質について特に限定はなく、例えば、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(略称: Alq_3)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(略称: $Almq_3$)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]-キノリノラト)ベリリウム(略称: $BeBq_2$)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)-4-フェニルフェニラト-アルミニウム(略称: $BAlq$)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾオキサゾラト]亜鉛(略称: $Zn(BOX)_2$)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾチアゾラト]亜鉛(略称: $Zn(BTZ)_2$)等の金属錯体の他、2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称: PBD)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称: $OXD-7$)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-フェニル-5-(4-ビフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称: TAZ)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-ビフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称: $p-EtTAZ$)、バソフェナントロリン(略称: $BPhen$)、バソキュプロイン(略称: BCP)等を用いることができる。また、電子輸送性物質に対して電子供与性を示す物質について特に限定はなく、例えば、リチウム、セシウム等のアルカリ金属、マグネシウム、カルシウム等のアルカリ土類金属、エルビウム、イッテルビウム等の希土類金属等を用いることができる。また、リチウム酸化物(Li_2O)、カルシウム酸化物(CaO)、ナトリウム酸化物(Na_2O)、カリウム酸化物(K_2O)、マグネシウム酸化物(MgO)等、アルカリ金属酸化物およびアルカリ土類金属酸化物の中から選ばれた物質を、電子輸送性物質に対して電子供与性を示す物質として用いても構わない。なお、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属酸化物等は、反応性が低く、取り扱いが容易である。また、第2の層312は、酸化亜鉛、硫化亜鉛、セレン化亜鉛、酸化スズ、酸化チタンのようなn型の半導体から成る層であってもよい。

【0095】

第4の層214は、有機化合物と、有機化合物に対して電子受容性を示す無機化合物とを含む構成である。したがって、第4の層に含まれる無機化合物としては実施の形態1にて列挙した無機化合物と同様のものを用いることができる。ただし、第4の層214に含まれる無機化合物は、第1の層211に含まれる無機化合物と同じものを用いてもよいし、異なるものを用いてもよい。

【0096】

また、第1の層211や第4の層214は、本発明の複合材料を用いて形成されている為高い正孔注入性、正孔輸送性を示す。したがって、第1の層211を厚くしても駆動電圧の上昇を抑制することができる。よって、本実施の形態の発光素子は、発光機能を担う第2の層212の両側を非常に厚くすることが可能となり、さらに発光素子の短絡を効果的に防止できる。また、光学設計による色純度の向上のため、第2の層212の両側の膜厚を自由に設定することが可能となる。また、発光物質を含む層203を形成した後に、第1の電極201または第2の電極202をスパッタリングにより成膜する場合などは、発光性の物質が存在する第2の層212へのダメージを低減することもできる。さらに、第1の層211と第4の層214を同じ材料で構成することにより、発光物質を含む層203の両側が同じ材料で構成されることになるため、応力歪みを抑制する効果も期待できる。また、第1の層211や第4の層214に透明性の高い本発明の複合材料を用いていることから、本実施の形態における本発明の発光素子は効率のよい発光素子である。

【0097】

なお、本実施の形態の発光素子においても、第1の電極201や第2の電極202の種類を変えることで、様々なバリエーションを有する。その模式図を図6および図7に示す。なお、図6および図7では、図5の符号を引用する。また、200は、本発明の発光素子を担持する基板である。

【0098】

図6は、発光積層体203が、基板200側から第1の層211、第2の層212、第3の層213、第4の層214の順で構成されている場合の例である。この時、第1の電極201を光透過性とし、第2の電極202を遮光性（特に反射性）とすることで、図6（a）のように基板200側から光を出射する構成となる。また、第1の電極201を遮光性（特に反射性）とし、第2の電極202を光透過性とすることで、図6（b）のように基板200の逆側から光を出射する構成となる。さらに、第1の電極201、第2の電極202の両方を光透過性とすることで、図6（c）に示すように、基板200側と基板200の逆側の両方に光を出射する構成も可能となる。

【0099】

図7は、発光積層体203が、基板200側から第4の層214、第3の層213、第2の層212、第1の層211の順で構成されている場合の例である。この時、第1の電極201を遮光性（特に反射性）とし、第2の電極202を光透過性とすることで、図7（a）のように基板200側から光を取り出す構成となる。また、第1の電極201を光透過性とし、第2の電極202を遮光性（特に反射性）とすることで、図7（b）のように基板200と逆側から光を取り出す構成となる。さらに、第1の電極201、第2の電極202の両方を光透過性とすることで、図7（c）に示すように、基板200側と基板200の逆側の両方に光を出射する構成も可能となる。

【0100】

なお、本実施の形態における発光素子を作製する場合には、実施の形態3に示した方法に準じて作製することが可能である。

【0101】

また、第1の電極201を形成した後、第1の層211、第2の層212、第3の層213、第4の層214を順次積層し、第2の電極202を形成してもよいし、第2の電極202を形成した後、第4の層214、第3の層213、第2の層212、第1の層211を順次積層し、第1の電極を形成してもよい。

【0102】

なお、第1の層211を電子を発生するドナー準位を有する材料を用いて形成し、第3の層213を本発明の複合材料を用いて形成し、第4の層214を電子を発生するドナー準位を有する材料を含む材料を用いて形成する構成にすることも可能である。この場合、第3の層213は、本発明の複合材料を用いて形成されているので、正孔輸送性に優れている。したがって、発光素子の駆動電圧を低減することができる。また、光学設計による色純度の向上のため、第3の層213の膜厚を自由に設定することができる。また、第3の層213は透明性の高い本発明の複合材料を用いていることから、効率のよい発光素子とすることができる。また、本発明の複合材料による膜は厚膜化して形成したとしても透明性に優れているため、厚膜化したことによる当該膜の吸収の影響が小さく、短絡防止対策や光学設計を行った上で効率の良い発光素子とすることができる。短絡防止効果は第1の層213を60nm以上とすると効果的である。

【0103】

(実施の形態6)

本実施の形態では、発光機能を担う層を複合材料よりなる層を挟んで複数有する発光素子の構成について説明する。

【0104】

図11に本発明の発光素子の構造の一例を示す。第1の電極401と、第2の電極402との間に発光積層体403が挟まれている構造となっている。発光積層体403は、第1の層411、第2の層412、第3の層413、第4の層414が積層された構成となっている。本実施の形態では第1の電極401が陽極として機能し、第2の電極402が陰極として機能する場合について説明する。

【0105】

本実施の形態の発光素子は、次の様に動作する。まず、第2の電極402よりも第1の電極401の電位の方が高くなるように電圧を印加すると、第1の電極401から第1の層411へ正孔が注入され、第2の層412から第1の層411へ電子が注入され、第3の層413から第4の層414へ正孔が注入され、第2の電極402から第4の層414へ電子が注入される。第1の電極401から注入された正孔と第2の層412より注入された電子は第1の層411において再結合し、発光性の物質を励起状態にする。そして、励起状態の発光性物質が基底状態に戻るときに発光が得られる。また、第3の層413から注入された正孔と第2の電極402から注入された電子も第4の層414において再結合し、第4の層414における発光性の物質励起状態にし、発光を得ることができる。

【0106】

第1の層411は第1の発光機能を担う層であり、第4の層414は第2の発光機能を担う層である。第1の発光機能を担う層と第2の発光機能を担う層は実施の形態2で示した第2の層112と同様の構成を適用することができる。第1の発光機能を担う層と第2の発光機能を担う層における各々の層構造については、同じであっても良いし、異なっても良い。また、第1の発光機能を担う層における発光層の発光色と第2の発光機能を担う層における発光層の発光色は同じであっても良いし、異なっても良い。2層の発光色が同じであれば同じ電流密度において約2倍の輝度を得ることができる。また、2層の発光色を異ならせることで当該2色を混合した色の発光を得ることができる。

【0107】

第2の層413は、電子を発生するドナー準位を有する材料を含む層であり、実施の形態5で示した第3の層213と同様の構成を適用することができる。第3の層413は実施の形態1に記載の複合材料を用いて形成された層である。第3の層413は本発明の複合材料を用いて形成された層であるため透明性に優れ、発光機能を担う層と発光機能を担う層との間に挟まれていても発光の損失が少なく、より効率の良い発光素子とすることができる。

【0108】

なお、本実施の形態における発光素子を作製する場合には、実施の形態3に示した方法に準じて作製することが可能である。

【0109】

尚、本実施の形態は実施の形態1乃至実施の形態5と適宜自由に組み合わせて用いることが可能である。

（実施の形態7）

本実施の形態では、本発明の発光素子を有する発光装置について説明する。

【0110】

本実施例では、画素部に本発明の発光素子を有する発光装置について図9を用いて説明する。なお、図9（A）は、発光装置を示す上面図、図9（B）は図9（A）をA-A'およびB-B'で切断した断面図である。点線で示された601は駆動回路部（ソース側駆動回路）、602は画素部、603は駆動回路部（ゲート側駆動回路）である。また、604は封止基板、605はシール材であり、シール材605で囲まれた内側は、空間607になっている。

【0111】

なお、引き回し配線608はソース側駆動回路601及びゲート側駆動回路603に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるFPC（フレキシブルプリントサーキット）609からビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を受け取る。なお、ここではFPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基盤（PWB）が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それにFPCもしくはPWBが取り付けられた状態をも含むものとする。

【0112】

次に、断面構造について図9（B）を用いて説明する。素子基板610上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース側駆動回路601と、画素部602中の一つの画素が示されている。

【0113】

なお、ソース側駆動回路601はnチャネル型TFT623とpチャネル型TFT624とを組み合わせたCMOS回路が形成される。また、駆動回路を形成するTFTは、公知のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成しても良い。また、本実施例では、基板上に駆動回路を形成したドライバー一体型を示すが、必ずしもその必要はなく、基板上ではなく外部に形成することもできる。

【0114】

また、画素部602はスイッチング用TFT611と、電流制御用TFT612とそのドレインに電気的に接続された第1の電極613とを含む複数の画素により形成される。なお、第1の電極613の端部を覆って絶縁物614が形成されている。ここでは、ポジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いることにより形成する。

【0115】

また、成膜性を良好なものとするため、絶縁物614の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物614の材料としてポジ型の感光性アクリルを用いた場合、絶縁物614の上端部のみに曲率半径（ $0.2\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ ）を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物614として、感光性の光によってエッチャントに不溶解性となるネガ型、或いは光によってエッチャントに溶解性となるポジ型のいずれも使用することができる。

【0116】

第1の電極613上には、発光物質を含む層616、および第2の電極617がそれぞれ形成されている。ここで、本実施の形態において陽極として機能する第1の電極613に用いる材料としては、仕事関数の大きい材料を用いることが望ましい。例えば、ITO膜、または珪素を含有したインジウム錫酸化物膜、2～20%の酸化亜鉛を含む酸化インジウム膜、窒化チタン膜、クロム膜、タングステン膜、Zn膜、Pt膜などの単層膜の他、窒化チタンとアルミニウムを主成分とする膜との積層、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との3層構造等を用いることができる。なお、積層構造と

すると、配線としての抵抗も低く、良好なオーミックコンタクトがとれる。

【0117】

また、発光積層体層616は、実施の形態1で示した正孔を発生する複合材料よりなる層を含んでいる。実施の形態1に示した複合材料は、優れたキャリア注入性、キャリア輸送性を有している。そのため、発光素子や発光装置の駆動電圧を低減することができる。

【0118】

さらに、発光積層体616上に形成される第2の電極（陰極）617に用いる材料としては、仕事関数の小さい材料（Al、Ag、Li、Ca、またはこれらの合金MgAg、MgIn、AlLi、CaF₂、またはCaN）を用いることが好ましい。なお、発光積層体616で生じた光が第2の電極617を透過させる場合には、第2の電極（陰極）617として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜（ITO、2～20%の酸化亜鉛を含む酸化インジウム、珪素を含有したインジウム錫酸化物、酸化亜鉛（ZnO）等）との積層を用いるのが良い。

【0119】

さらにシール材605で封止基板604を素子基板610と貼り合わせることで、素子基板610、封止基板604、およびシール材605で囲まれた空間607に発光素子618が備えられた構造になっている。なお、空間607には、不活性気体（窒素やアルゴン等）が充填される場合の他、シール材605で充填される構成も含むものとする。

【0120】

なお、シール材605にはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板604に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP（Fiberglass-Reinforced Plastics）、PVF（ポリビニルフロライド）、マイラー、ポリエステルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。

【0121】

以上のようにして、本発明の発光素子を有する発光装置を得ることができる。

【0122】

本発明の発光装置は、実施の形態1に記載の複合材料を用いているため、駆動電圧を低減することができる。よって、消費電力を低減することが可能である。

【0123】

また、本発明の発光素子に含まれる実施の形態1に記載の複合材料は、導電性が高いため、駆動電圧の上昇を招くことなく発光物質を含む層616を厚くすることができる。そのため、ゴミ等に起因する素子の短絡も抑制することができる。よって、より欠陥の少ない発光装置を提供することが可能となる。

【0124】

また、本発明の発光素子に含まれる実施の形態1に記載の複合材料は、透明性に優れていることから当該材料による膜を形成したことによる発光の損失が少なく効率の良い発光装置とすることが出来る。また、本発明の複合材料による膜は厚膜化して形成したとしても透明性に優れているため、厚膜化したことによる当該膜の吸収の影響が小さく、短絡防止対策や光学設計を行った上で効率の良い発光素子とすることができる。短絡防止効果は本発明の複合材料による層を60nm以上とすると効果的である。

【0125】

以上のように、本実施の形態では、トランジスタによって発光素子の駆動を制御するアクティブ型の発光装置について説明したが、この他、トランジスタ等の駆動用の素子を特に設けずに発光素子を駆動させるパッシブ型の発光装置であってもよい。図8には本発明を適用して作製したパッシブ型の発光装置の斜視図を示す。図8において、基板951上には、電極952と電極956との間には発光積層体層955が設けられている。電極952の端部は絶縁層953で覆われている。そして、絶縁層953上には隔壁層954が設けられている。隔壁層954の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層954の短辺方向

の断面は、台形状であり、底辺（絶縁層 953 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 953 と接する辺）の方が上辺（絶縁層 953 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 953 と接しない辺）よりも短い。このように、隔壁層 954 を設けることで、静電気等に起因した発光素子の不良を防ぐことが出来る。また、パッシブ型の発光装置においても、低駆動電圧で動作する本発明の発光素子を含むことによって、低消費電力で駆動させることができる。また、ゴミ等に起因する素子の短絡も抑制することができ、より欠陥の少ない発光装置を提供することが可能となる。また、効率の良い発光装置とすることが出来る。また、短絡防止対策や光学設計を行った上で効率の良い発光素子とすることができる。

【0126】

（実施の形態 8.）

本実施の形態では、本発明電気機器について説明する。

【0127】

本発明の電気機器として、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ、ナビゲーションシステム、音響再生装置（カーオーディオ、オーディオコンボ等）、パーソナルコンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機または電子書籍等）、記録媒体を備えた画像再生装置（具体的には Digital Versatile Disc (DVD) 等の記録媒体を再生し、その画像を表示しうる表示装置を備えた装置）などが挙げられる。これらの電気機器の具体例を図 10 に示す。

【0128】

図 10 (A) はテレビ受像機であり、筐体 9101、支持台 9102、表示部 9103、スピーカー部 9104、ビデオ入力端子 9105 等を含む。実施の形態 2 乃至 6 いずれかに記載の発光素子を有する発光装置をその表示部 9103 に用いることにより作製される。これにより、低消費電力で、欠陥の少ない表示部を有するテレビ受像機を得ることができる。なお、テレビ受像機は、コンピュータ用、TV 放送受信用、広告表示用などの全ての情報表示用装置が含まれる。

【0129】

図 10 (B) はコンピュータであり、本体 9201、筐体 9202、表示部 9203、キーボード 9204、外部接続ポート 9205、ポインティングマウス 9206 等を含む。実施の形態 2 乃至 6 いずれかに記載の発光素子を有する発光装置をその表示部 9203 に用いることにより作製される。これにより、低消費電力で、欠陥の少ない表示部を有するコンピュータを得ることができる。

【0130】

図 10 (C) はゴーグル型ディスプレイ、本体 9301、表示部 9302、アーム部 9303 を含む。実施の形態 2 乃至 6 いずれかに記載の発光素子を有する発光装置をその表示部 9302 に用いることにより作製される。これにより、低消費電力で、欠陥の少ない表示部を有するゴーグル型ディスプレイを得ることができる。

【0131】

図 10 (D) は携帯電話であり、本体 9401、筐体 9402、表示部 9403、音声入力部 9404、音声出力部 9405、操作キー 9406、外部接続ポート 9407、アンテナ 9408 等を含む。実施の形態 2 乃至 6 いずれかに記載の発光素子を有する発光装置をその表示部 9403 に用いることにより作製される。これにより、低消費電力で、欠陥の少ない表示部を有する携帯電話を得ることができる。なお、表示部 9403 は黒色の背景に白色の文字を表示することで携帯電話の消費電力を抑えることができる。

【0132】

図 10 (E) はカメラであり、本体 9501、表示部 9502、筐体 9503、外部接続ポート 9504、リモコン受信部 9505、受像部 9506、バッテリー 9507、音声入力部 9508、操作キー 9509、接眼部 9510 等を含む。実施の形態 2 乃至 6 いずれかに記載の発光素子を有する発光装置をその表示部 9502 に用いることにより作製される。これにより、低消費電力で、欠陥の少ない表示部を有するカメラを得ることがで

きる。

【0133】

以上の様に、本発明適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電気機器に適用することが可能である。本発明の電気機器は、低消費電力で、欠陥の少ない電気機器である。

【実施例1】

【0134】

本実施例では本発明の複合材料の吸収スペクトルについて説明する。図12に上記構造式(8)で表される有機化合物(4,4'-ジ(N-カルbazolil)ビフェニル(略称:CBP))単独の膜及びCBPと酸化モリブデンからなる本発明の複合材料(重量比でCBP:酸化モリブデン=1:0.25、モル比ではCBP:酸化モリブデン=1:0.8)からなる膜の吸収スペクトルを示した。CBP単独の膜、CBPと酸化モリブデンからなる本発明の複合材料からなる膜はどちらも蒸着法により形成し、特にCBPと酸化モリブデンからなる本発明の複合材料からなる膜は共蒸着法により形成した。なお、CBPは同仁化学社製の「DCBP(昇華精製品)」、酸化モリブデンは高純度化学株式会社製、三酸化モリブデン、純度99.999%のものを用いた。

【0135】

図12より、CBPと酸化モリブデンからなる本発明の複合材料の吸収スペクトルは可視光領域に大きな吸収が無く、透明性に優れた材料であることが分かる。また、CBPと酸化モリブデンからなる本発明の複合材料の吸収スペクトルがCBPのスペクトルと異なる形状を有していることからCBPとは異なる材料であることが示唆される。

【実施例2】

【0136】

本実施の形態では本発明の複合材料を用いた本発明の発光素子の特性について説明する。

【0137】

測定に用いた本発明の発光素子の作製方法について説明する。まず、基板上に発光素子の陽極として機能する電極としてITOをスパッタ法で110nm成膜した。

【0138】

続いて、ITO上に本発明の複合材料を蒸着法により50nmの厚みで形成した。本実施の形態の複合材料は有機化合物としてCBP、無機化合物として酸化モリブデンを含み、重量比でCBP:酸化モリブデンが4:2となるようにした。なお、CBPは同仁化学社製の「DCBP(昇華精製品)」、酸化モリブデンは高純度化学株式会社製の三酸化モリブデン、純度99.999%を用いた。

【0139】

次に、正孔輸送層としてNPBを蒸着法により10nm形成し、その上にAlqをホスト材料、クマリン6をゲスト材料に用いて発光層を40nmの厚みで形成した。Alqとクマリン6は共蒸着法により形成し、重量比で1:0.01となるように成膜した。

【0140】

その後、Alqを電子輸送層として蒸着法により10nm、正孔注入層としてAlqとLiを共蒸着法によって30nmの厚みで形成した。正孔注入層のAlqとLiは重量比で1:0.01となるように形成した。

【0141】

最後に発光素子の陰極として機能する電極としてAlを200nm形成し、本発明の発光素子を形成した。

【0142】

比較例として、実施例2における本発明の発光素子の本発明の複合材料でなる層をCBPとした素子を測定したので、当該素子の作製方法について説明する。まず、基板上に発光素子の陽極として機能する電極としてITOをスパッタ法で110nm成膜した。

【0143】

続いて、ITO上にCBPを蒸着法により50nmの厚みで形成した。なお、CBP

は同仁化学社製の「DCBP（昇華精製品）」を用いた。

【0144】

次に、正孔輸送層としてNPBを蒸着法により10nm形成し、その上にAlqをホスト材料、クマリン6をゲスト材料に用いて発光層を40nmの厚みで形成した。Alqとクマリン6は共蒸着法により形成し、重量比で1：0.01となるように成膜した。

【0145】

その後、Alqを電子輸送層として蒸着法により10nm、正孔注入層としてAlqとLiを共蒸着法によって30nmの厚みで形成した。正孔注入層のAlqとLiは重量比で1：0.01となるように形成した。

【0146】

最後に発光素子の陰極として機能する電極としてAlを200nm形成し、比較例の発光素子を形成した。

【0147】

本実施例における発光素子の構造と比較例の発光素子の構造を以下の表にまとめる。

【0148】

【表1】

実施例	基板	ITSO	CBP:MoOx(4:2)	NPB	Alq:クマリン6 (1:0.01)	Alq	Al
比較例			CBP				
		110nm	50nm	10nm	10nm	30nm	200nm

【0149】

以上のように形成した本発明の発光素子と比較例の発光素子の電流－電圧特性と輝度－電圧特性を図14及び図13に示す。

【0150】

図14では、有機化合物としてCBPを用いた本発明の発光素子の方が、代わりにCBPのみを用いた発光素子より低い電圧でより多くの電流を流すことができることが示され、図13では、有機化合物としてCBPを用いた本発明の発光素子の方が、代わりにCBPのみを用いた発光素子より低い電圧でより高い発光輝度を得ることが出来ることが示されている。これにより本発明の複合材料を用いることによって発光素子を低電圧化することができることが分かる。また本発明の発光素子は、低電圧化された素子であることが分かる。

【実施例3】

【0151】

本実施例では、本発明の複合材料からなる層を形成するための蒸着装置について説明する。蒸着装置の一例として、斜視図を図15（A）に示す。以下に蒸着装置の機構を簡略に示す。

【0152】

基板701は、予め蒸着マスク702と位置合わせされており、位置合わせされたまま矢印706の方向に基板が搬送される。基板は搬送されて、防着シールド703aの上方を通過する。防着シールド703aは開口部703bを有しており、蒸着源704からの蒸着材料が開口部703bから昇華するようになっている。開口部703bから蒸着材料の昇華方向706を維持するために防着シールド703aは、防着シールド自体には付着しないように加熱されている。

【0153】

蒸着源704は複数のルツボが設置できるようになっており、さらに矢印705の方向に移動することが可能である。蒸着方法は、抵抗加熱法を用いる。また、蒸着源が移動する範囲は基板の幅Waよりも広いことが望ましい。また、防着シールドの幅Wbも基板の幅Waよりも広くすることが蒸着膜の膜厚均一性を向上させる。

【0154】

つまり、図15（A）に示す蒸着装置は、成膜室に蒸着材料の昇華方向を維持するため

に防着シールドが設けられており、開口部が複数設けられ、それらの開口部から蒸着材料が昇華する機構となっている。防着シールドの下方には、基板の移動方向（搬送方向とも呼ぶ）とは垂直な方向に移動可能な蒸着源を有している。また、防着シールドの幅Wbは、基板の幅Waよりも広くさせて、蒸着膜の膜厚均一性を向上させている。

【0155】

なお、図15（A）の蒸着装置において、開口部703bの形状や数は特に限定されない。

【0156】

また、蒸着源のルツボに蒸着材料を補給するため、成膜室にゲートを介して連結する設置室を設けてもよい。また、一つの成膜室に複数の蒸着源と防着シールドを設けてもよい。複数の蒸着源を設け、設置室を設けた場合の蒸着装置の上面図を図15（B）に示す。蒸着源の移動方向705に設置室707を設置し、蒸着材料を補給する際には、蒸着源を設置室まで移動させて補給を行えばよい。蒸着源が成膜室に固定されている場合には、蒸着源に蒸着材料を補給するためには成膜室内を大気圧としなければならず、再度蒸着するためには成膜室内を真空にするのに時間を要してしまう。設置室707を設ければ、成膜室700の真空度を維持したまま、設置室内のみを大気圧と真空とに切り替えればよいため、短時間で蒸着材料の補給が可能となる。

【0157】

また、防着シールド703aと平行に2つ目の防着シールド709を設け、基板の搬送方向と垂直方向に移動する2つ目の蒸着源708を設けてもよい。複数の蒸着源を一つの成膜室に設けることによって、連続的な積層成膜が可能となる。ここでは一つの成膜室に2つの蒸着源を設けた例を示したが、一つの成膜室にそれ以上の数の蒸着源を設けてもよい。

【0158】

つまり、一つの成膜室内に対して、基板の搬送方向とは垂直な方向に2つの防着シールドを設け、それぞれに蒸着源を設けて同じ蒸着材料を連続的に成膜してもよい。このような蒸着装置とすることで成膜速度を上げることができる。なお、2つの防着シールド同士は平行に設けられ、十分な間隔を有している。

【0159】

また、異なる蒸着材料を2つの蒸着源にセットして連続的に積層成膜してもよい。例えば、1つ目の蒸着源の2つのルツボに有機化合物と無機化合物とを別々にセットし、1つ目の蒸着源の上方に基板を通過させることで基板に本発明の複合材料からなる層を蒸着する。次いで、基板を移動させて2つ目の蒸着源のルツボに発光機能を担う層の材料となる有機化合物をセットし、2つ目の蒸着源の上方に基板を通過させることで本発明の複合材料からなる層上に発光層を蒸着することができる。

【図面の簡単な説明】

【0160】

【図1】本発明の発光素子について説明する図。

【図2】本発明の発光素子について説明する図。

【図3】本発明の発光素子について説明する図。

【図4】本発明の発光素子について説明する図。

【図5】本発明の発光素子について説明する図。

【図6】本発明の発光素子について説明する図。

【図7】本発明の発光素子について説明する図。

【図8】発光装置について説明する図。

【図9】発光装置について説明する図。

【図10】電気機器について説明する図。

【図11】本発明の発光素子について説明する図。

【図12】CBPとCBPを用いた本発明の複合材料の吸収スペクトル。

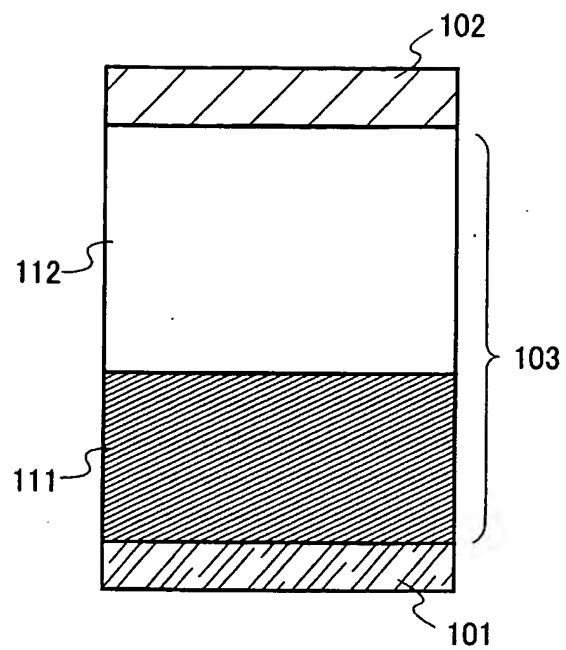
【図13】本発明の発光素子の電圧－電流特性。

【図 1 4】 本発明の発光素子の電圧－輝度特性。

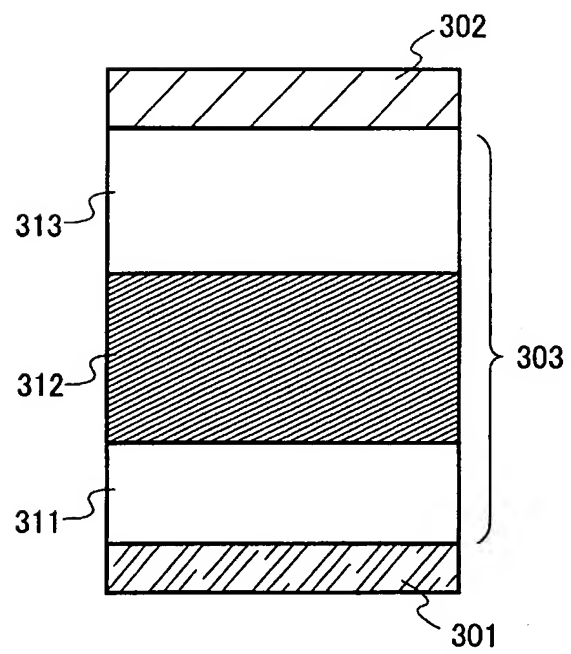
【図 1 5】 蒸着装置を表す図。

【書類名】 図面

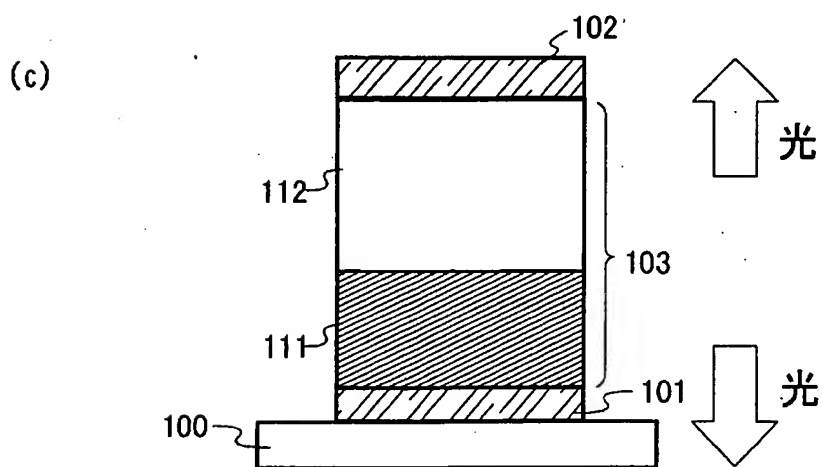
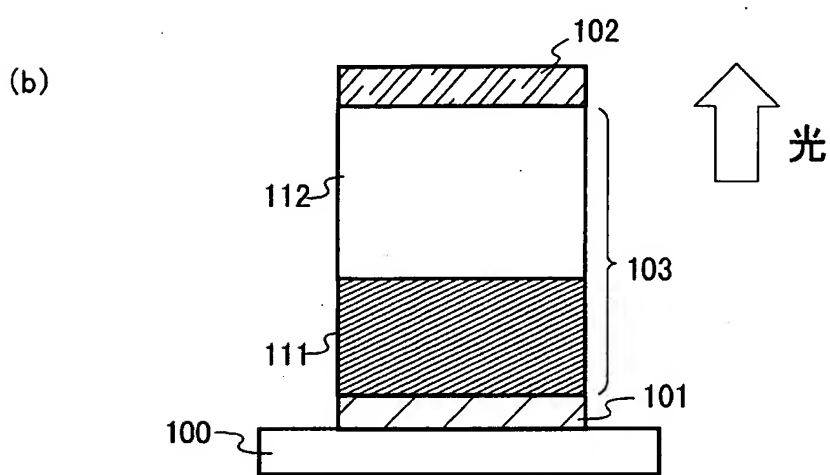
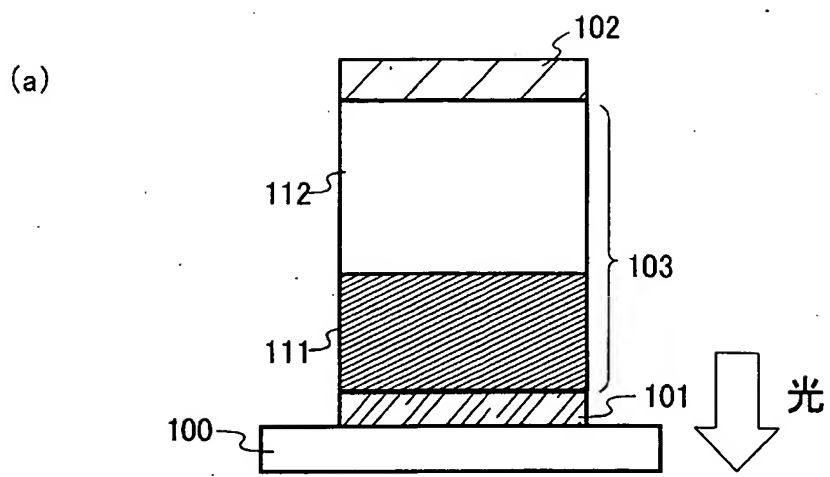
【図 1】



【図 2】

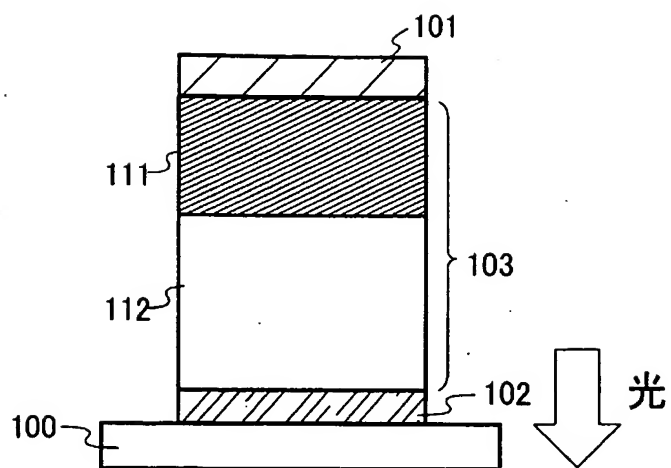


【図 3】

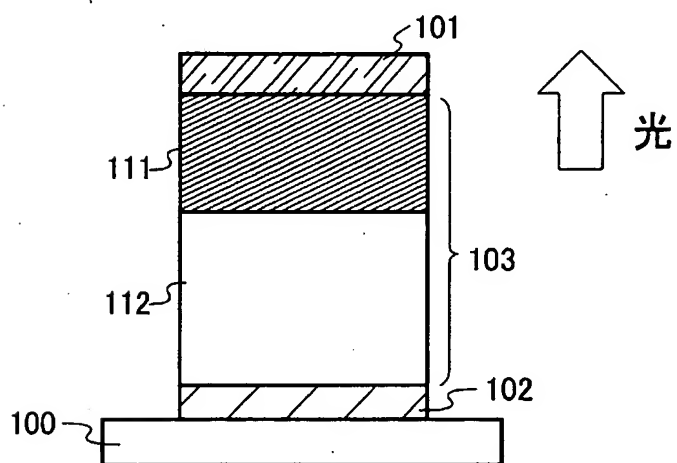


【図 4】

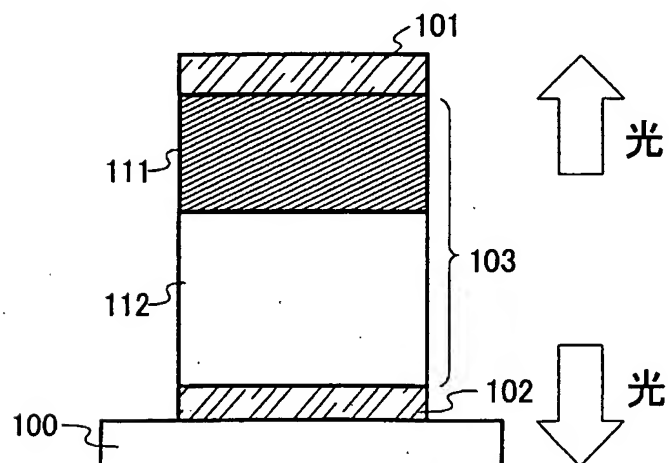
(a)



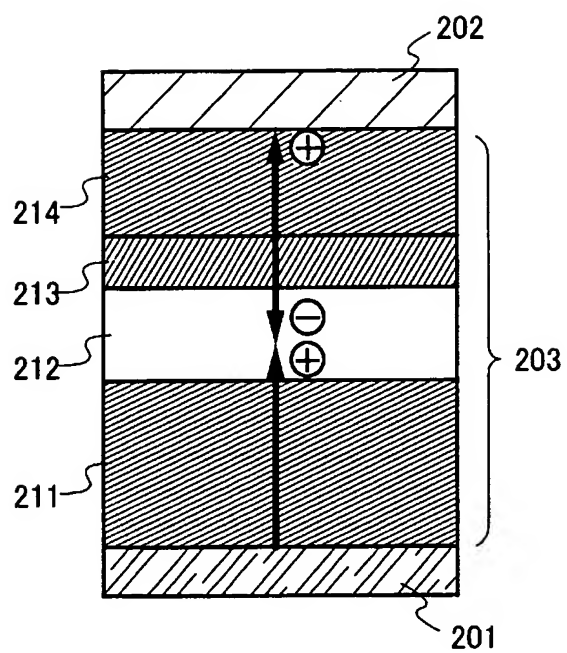
(b)



(c)

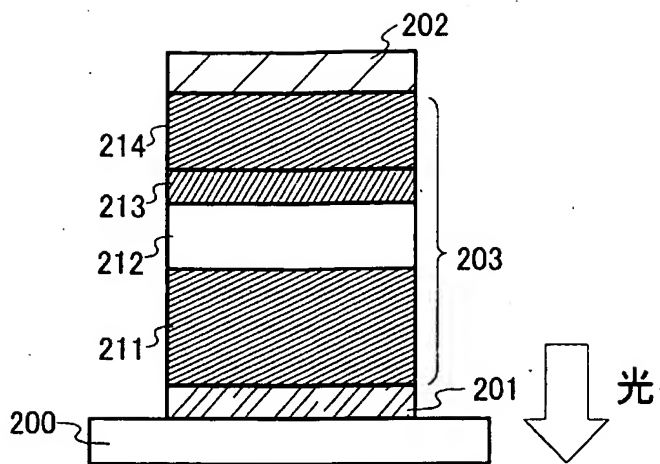


【図 5】

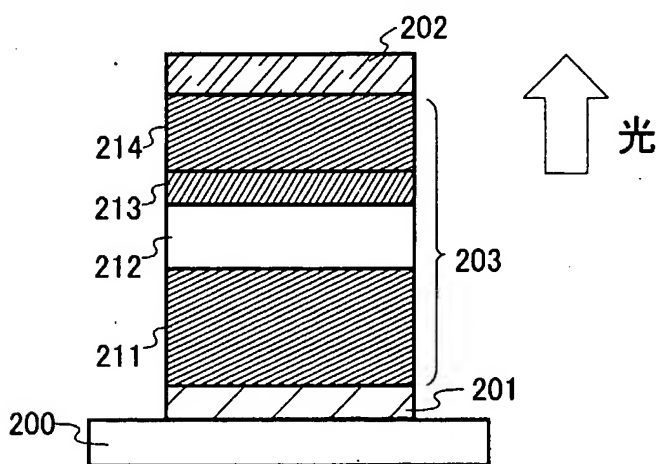


【図 6】

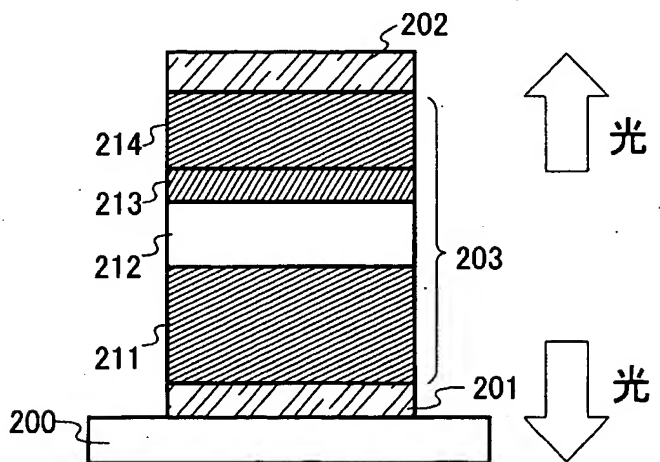
(a)



(b)

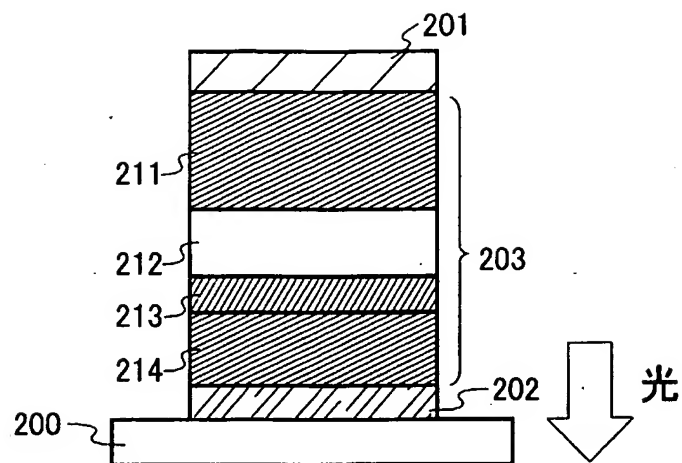


(c)

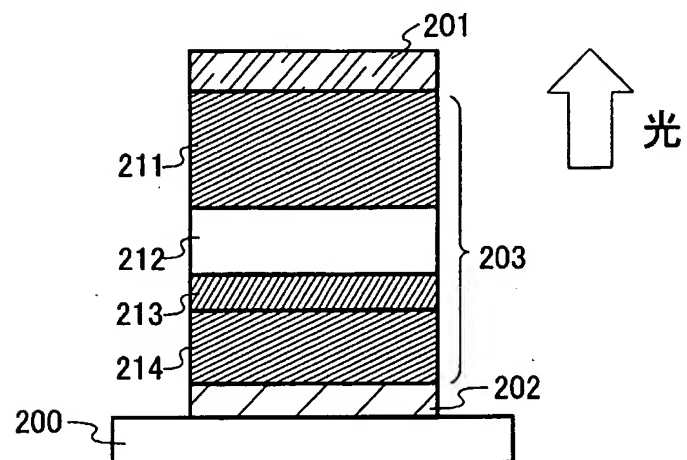


【図 7】

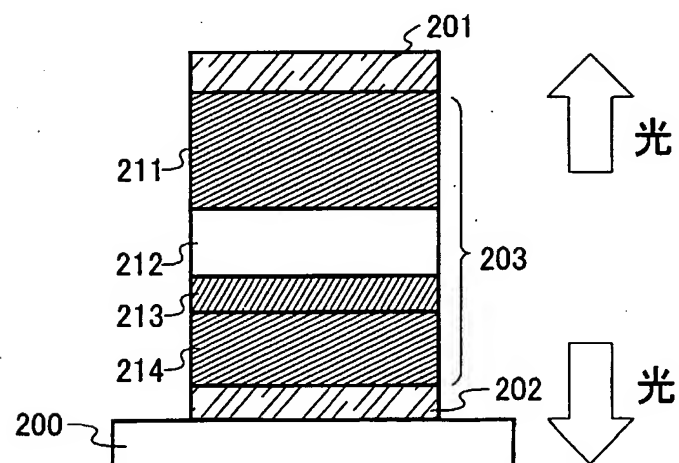
(a)

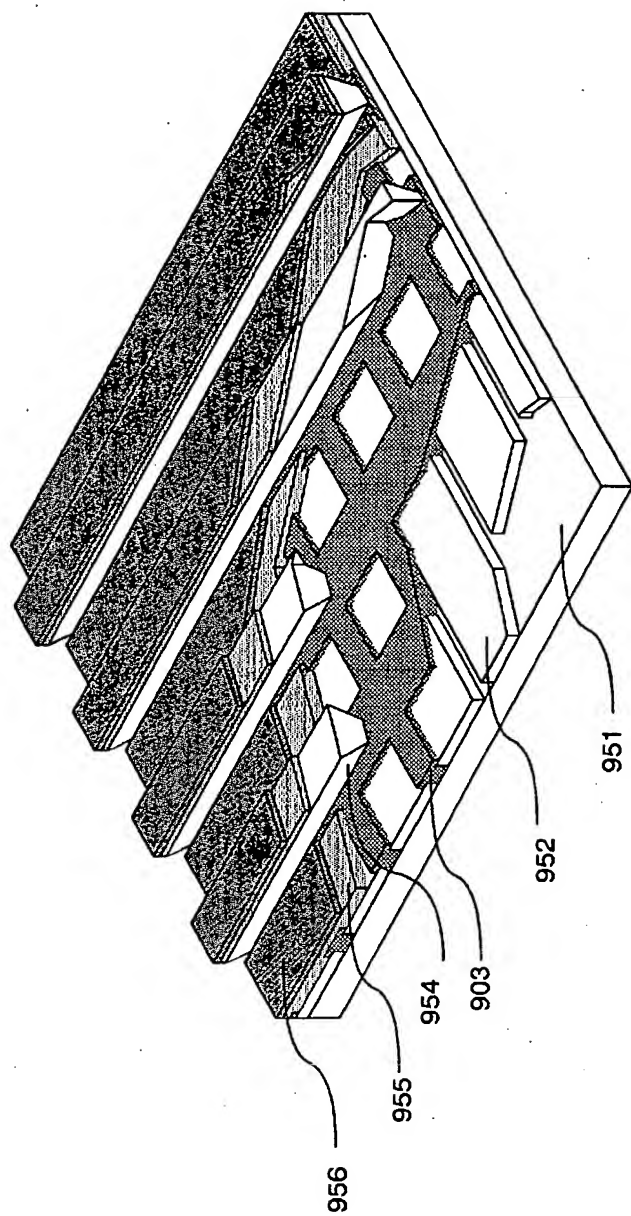


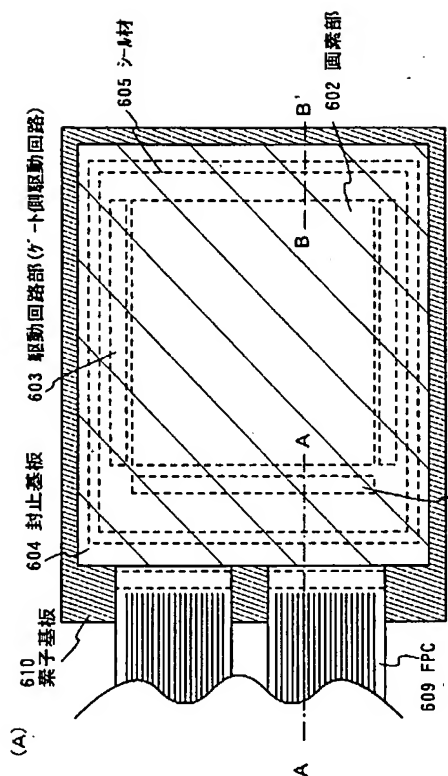
(b)



(c)



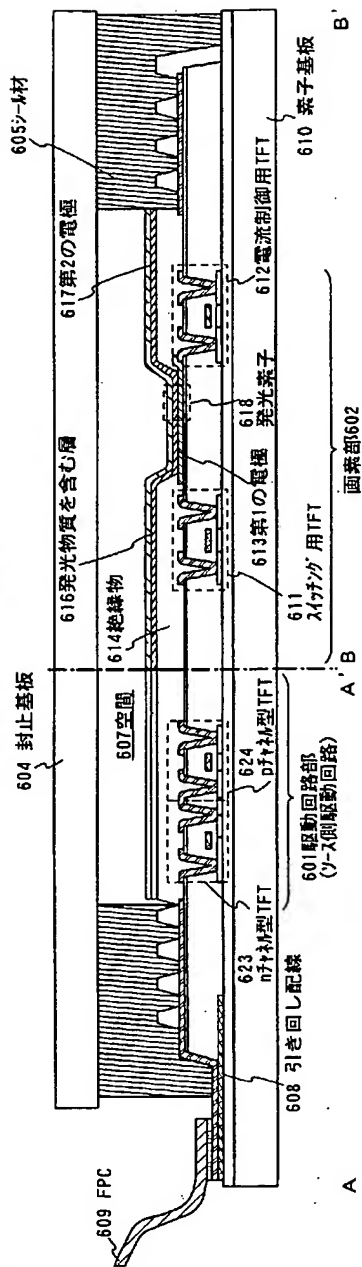




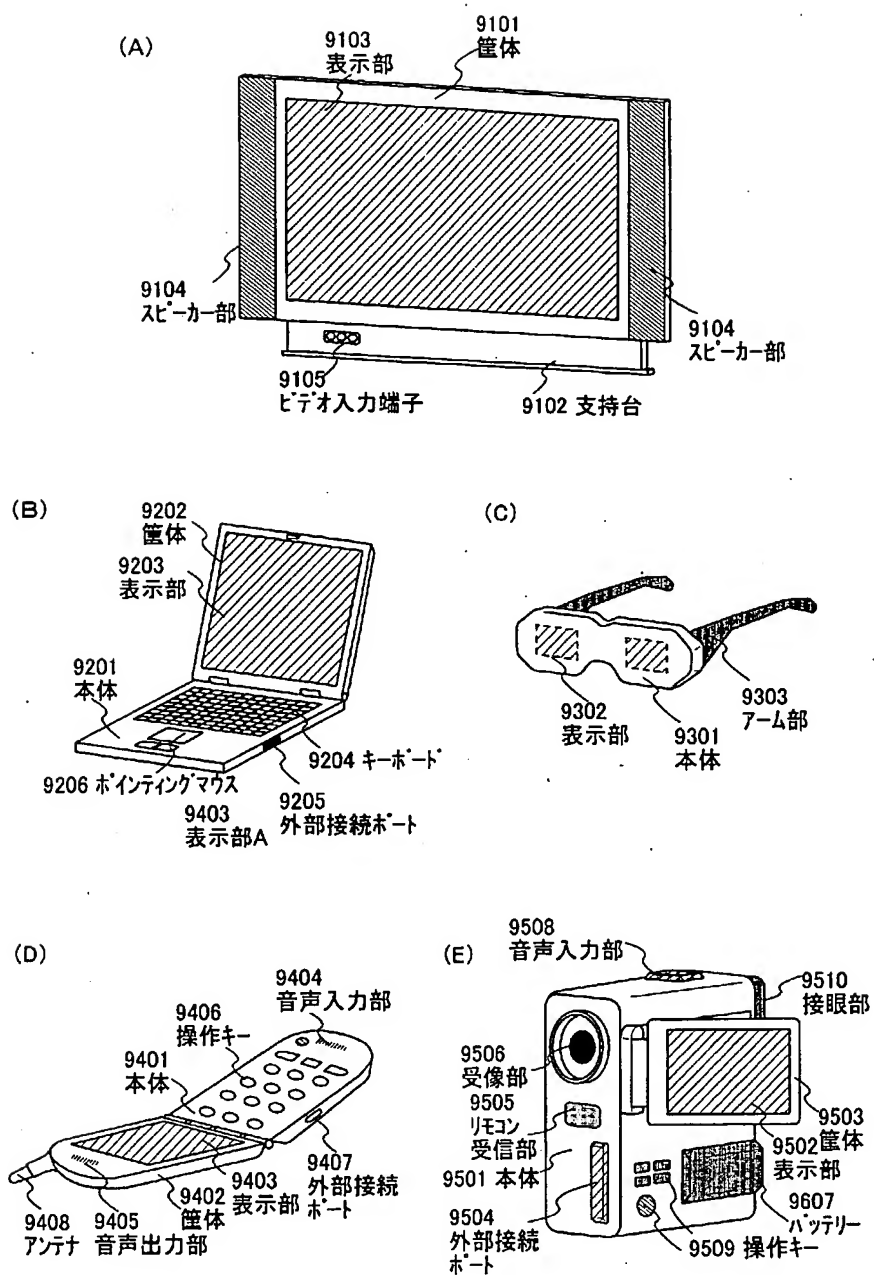
601 駆動回路部(γ-側駆動回路)

604 封止基板

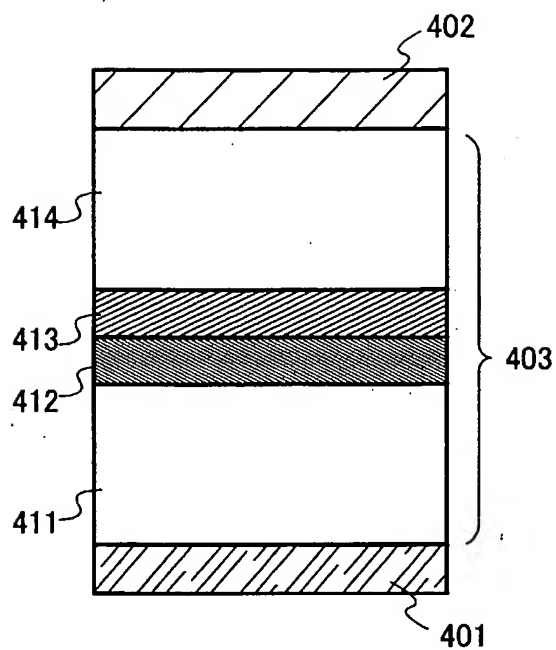
(B)



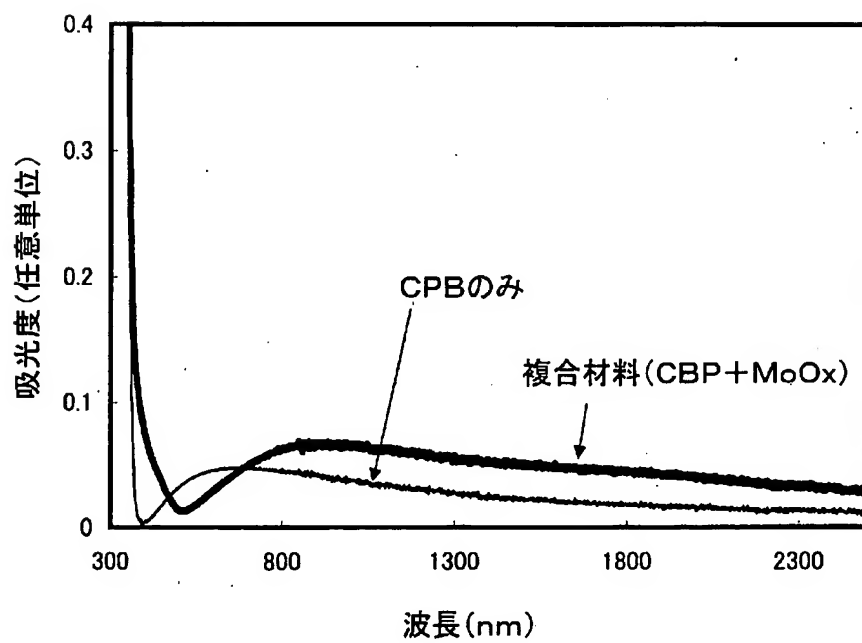
【図10】



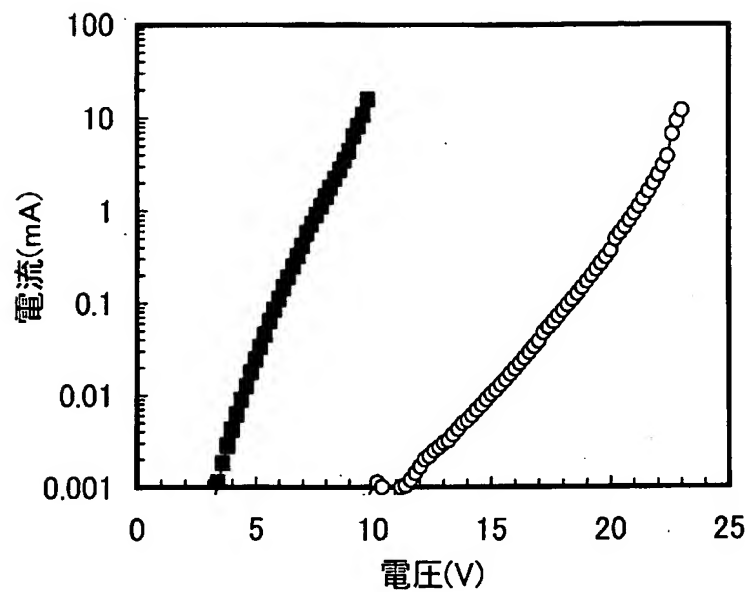
【図 1 1】



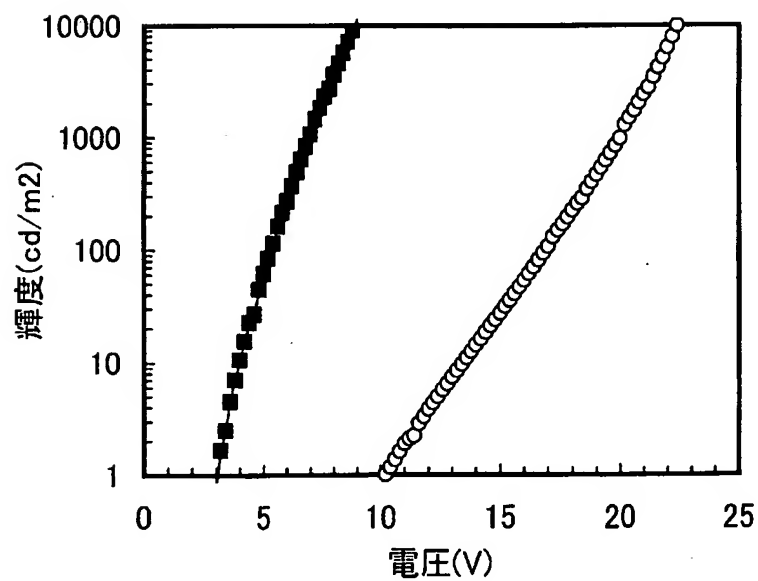
【図 1 2】



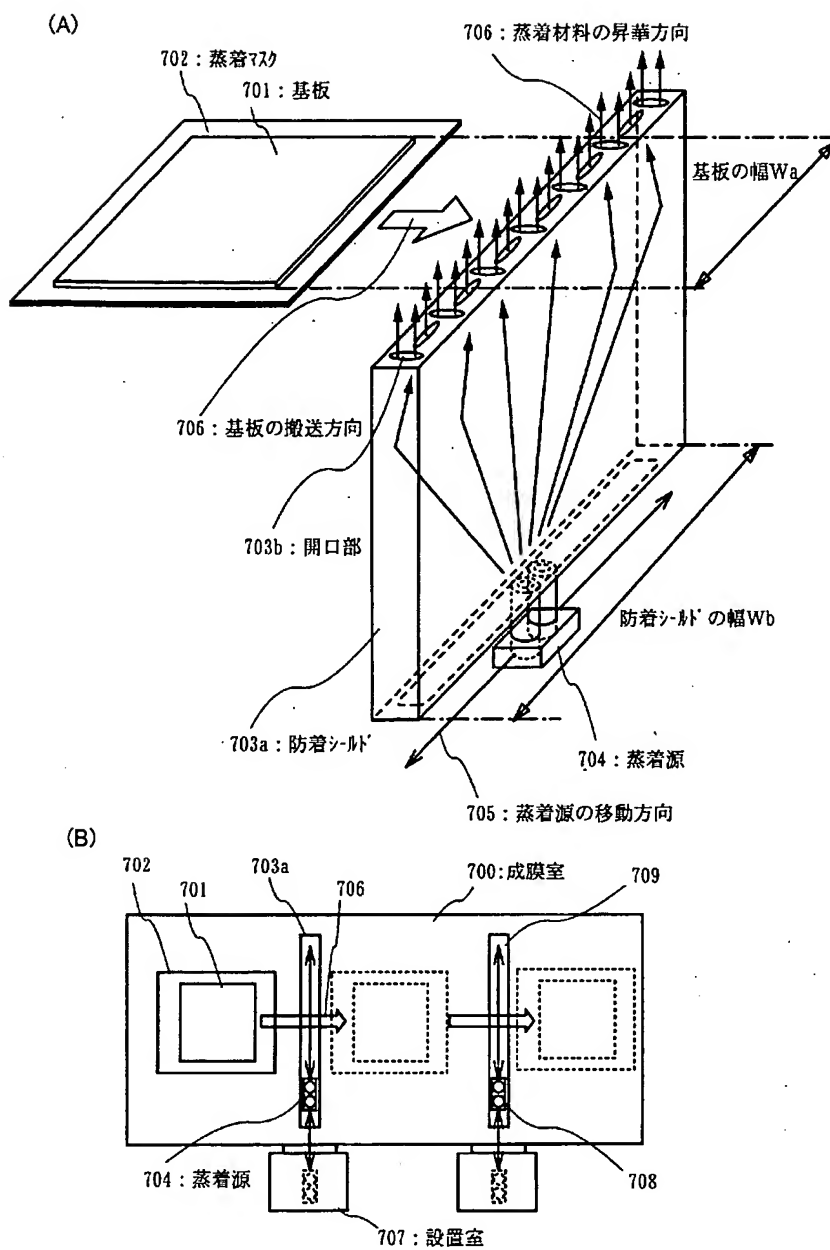
【図 1 3】



【図 1 4】



【図15】



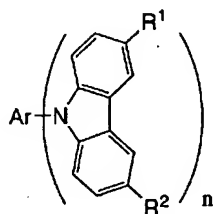
【書類名】要約書

【要約】

【課題】 本発明では、有機化合物と無機化合物とを複合した複合材料であって、キャリア輸送性および有機化合物へのキャリア注入性に優れ、かつ透明性にも優れた複合材料を提供することを課題とする。

【解決手段】 上記課題を解決する為の本発明の複合材料は下記一般式で表される有機化合物と無機化合物との複合材料である。無機化合物には遷移金属の酸化物、好ましくは周期表における4～8属に属する金属の酸化物、特にバナジウム酸化物、タンタル酸化物、モリブデン酸化物、タンゲステン酸化物、レニウム酸化物及びルテニウム酸化物を好適に用いることができる。

【化1】



(1)

【選択図】 なし

出願人履歴

000153878

19900817

新規登録

神奈川県厚木市長谷398番地
株式会社半導体エネルギー研究所